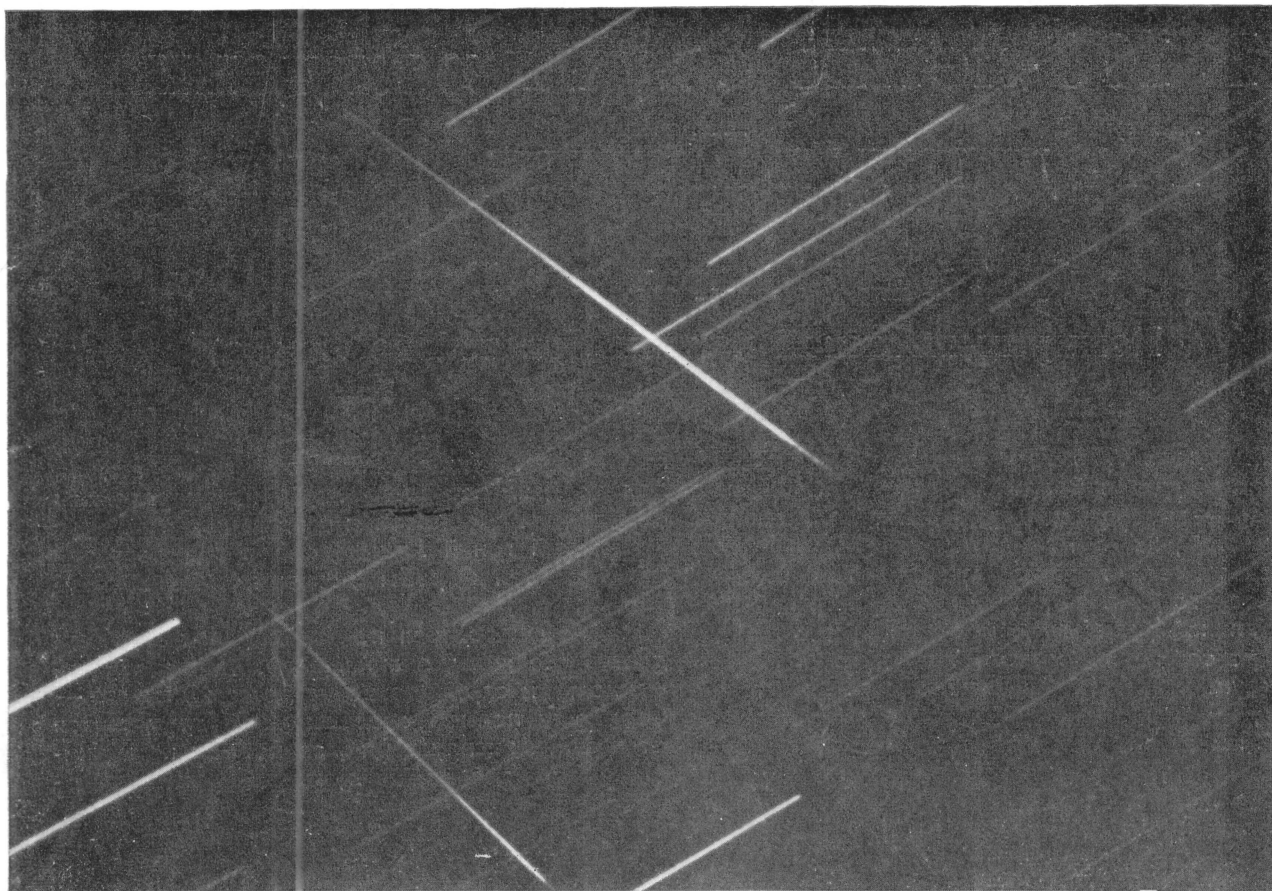




ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ

1



1970

АСТРОНОМИЯ

ГЕОФИЗИКА

ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

К 100-летию со дня рождения Владимира Ильича Ленина

(Из Тезисов Центрального Комитета
Коммунистической партии Советского Союза)

22 апреля 1970 года исполняется сто лет со дня рождения Владимира Ильича Ульянова-Ленина — гениального продолжателя революционного учения Карла Маркса и Фридриха Энгельса, создателя Коммунистической партии Советского Союза, руководителя величайшей социальной революции и основателя первого в мире социалистического государства, вождя международного рабочего класса, всех трудящихся.

С именем и деятельностью Ленина связана целая революционная эпоха в жизни человечества. Ленин дал ответы на самые актуальные вопросы, поставленные ходом исторического развития, всесторонне развил теорию социалистической революции и строительства коммунистического общества, вооружил российское, все международное революционное движение научно обоснованной стратегией и тактикой, возглавил борьбу рабочего класса за претворение идеалов социализма в жизнь. Социализм, превращенный Марксом и Энгельсом из утопии в науку и обогащенный Лениным новыми выводами и открытиями, воплотился в социальную практику всемирно-исторических масштабов, стал основной революционной силой нашего времени.

В. И. Ленин — политический деятель нового типа, ученый, трибун-пропагандист, организатор широких народных масс. Его отличают глубокая научность в анализе происходящих событий, трезвый учет соотношения и расстановки классовых сил, последовательность и твердость в отстаивании марксистских принципов, целеустремленность в действиях, гибкость в тактике борьбы, беззаветное служение интересам и целям пролетарского движения.

Бессмертные идеи и дела Ленина, великий

подвиг его жизни служат для советских людей, для трудящихся всего мира неисчерпаемым источником вдохновения и оптимизма.

Светлый гений Ленина озаряет дорогу революционной борьбы и творческого созидания.

Жить и бороться по-ленински — значит отдавать все силы, знания, энергию самому гуманному и справедливому делу на Земле — борьбе за полное освобождение трудящихся от гнета и эксплуатации, за победу коммунистических идеалов, за лучшее будущее человечества.

Продолжая дело Ленина, советский народ упорным трудом умножает общественное богатство, развивает социалистическую демократию, науку и культуру, проявляет неустанную заботу об укреплении оборонного могущества социалистической Родины, строит жизнь, достойную человека.

Продолжая дело Ленина, советский народ под руководством Коммунистической партии еще теснее сплачивает свои ряды, укрепляет братство и дружбу народов СССР.

Продолжая дело Ленина, советский народ крепит интернациональную солидарность с народами социалистических стран, с международным рабочим классом, с борцами за демократию и национальное освобождение, за прочный мир, демократию и социализм, за торжество идей марксизма-ленинизма.

Идеи Владимира Ильича Ленина воплощаются в деятельности коммунистов, в борьбе рабочего класса и всех трудящихся, в поступательном развитии социализма и коммунизма, в неодолимом социальном прогрессе человечества.

Имя и дело Ленина будут жить вечно!

С 1970 годом — годом юбилейным!

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

Научно-популярный
журнал
Академии наук СССР

Основан в 1965 году

Выходит 6 раз в год



В номере

Б. Л. Дзердзеевский — Климат и прогноз его колебаний	2
К. Саган, Д. Моррисон — Планета Меркурий	9
В. А. Бугаев — Метеорологические спутники и служба погоды	21
Б. В. Виноградов — Глобальное фотографирование Земли	31
К. П. Васильев — Океанография из космоса	40
В. И. Лапшин — Субмиллиметровая астрономия	47
П. Г. Куликовский — Полувек юбилей Международного астрономического союза	59
В. Д. Поволяев — А башня все падает...	67

ЛЮДИ НАУКИ

Гипатия — дочь Теона	72
--------------------------------	----

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

Б. И. Злобин — Всесоюзный съезд вулканологов	79
--	----

ЭКСПЕДИЦИИ

В. Ф. Канаев — На «Хакухо-Мару» по Японскому морю	82
---	----

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

Ю. А. Гришин — О работе юных астрономов Углича	89
В. С. Лазаревский — Карта видимых путей планет в марте — апреле 1970 года	93

ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ	96
---------------------------------------	----

НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Марс перед объективами телевизионных камер [17]; Темные области на Марсе — возвышенности или низменности? [19]; На орбите «Космос-300» [29]; Робот на орбитальной астрономической обсерватории [39]; Четыре не равно четырем [44]; Главное действующее лицо фильма — ураган [44]; Повелитель ветров и метеорология [44]; Сколько естественных спутников у Земли? [45]; Земля, как и Юпитер — источник радиоволн [46]; Квазизвездные объекты и скопления галактик [53]; Снова о необыкновенных звездах [54]; Межзвездная вода и формальдегид [54]; Научная экспедиция на Луну [55]; После полета «Аполлона-11» [56]; О дальнейших этапах программы «Аполлон» [56]; Новые книги о Земле и Вселенной [64]; Фотография полета метеорита Вилн [64]; Геологическая карта лунного кратера Циолковский [65]; Снежная буря на Шетландских островах [78]; Вулканическая активность в Антарктике [78]; Второй Гольфстрим? [87].

На обложке: 1-я стр. — Фотография двух метеоров из потока Персеид. Снимок получен метеорным патрулем Угличской средней школы № 5 (к статье Ю. А. Гришина).

ЯНВАРЬ — ФЕВРАЛЬ

1 1970

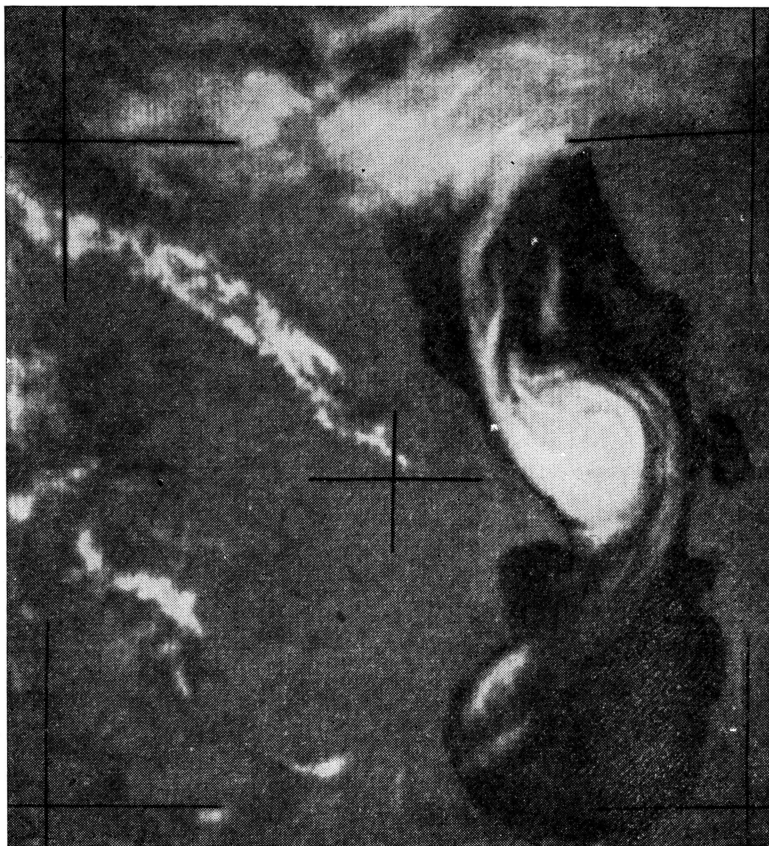
Издательство «Наука»

Б. Л. ДЗЕРДЗЕЕВСКИЙ
профессор

КЛИМАТ И ПРОГНОЗ ЕГО КОЛЕБАНИЙ

Погода изменчива — климат устойчив. Так мы привыкли считать. Однако и климатический режим подвержен заметным колебаниям. Можно ли их предсказать?

СПИРАЛЕВИДНАЯ облачность циклона над Каспийским морем, связанная с воздействием Кавказского хребта на воздушные потоки. Покрытые ледниками и снегом вершины гор видны в левой верхней части фотографии. (Снимок со спутника «Тайрос-VII», 20 XI 1963 г.)



ПОГОДА И КЛИМАТ

Жители внутропических широт земного шара свыклись с частыми переменами погоды. Чтобы ее «капризы» не заставляли нас врасплох, прилагается много сил для организации службы погоды, которая в наше время стала всемирной. Она использует обширные материалы метеорологических и аэрологических наблюдений, данные, полученные с помощью ракет и искусственных спутников, быстродействующие электронные вычислительные машины.

Все усилия не пропадают даром, и современные предсказания погоды, вопреки распространенным ядовитым островам, в большинстве случаев успешны. Это подтверждается регулярными проверками не только научной достоверности, но и экономической рентабельности прогнозов.

Тем не менее можно вспомнить случаи, когда прогнозы не оправдались. Основная причина подобных ошибок — неустойчивость процессов в земной атмосфере, связанных с большим числом воздействий. Учесть влияния всех разнородных факторов на длительный срок, конечно, очень трудно. Поэтому прогнозы на день-два вперед надежнее долгосрочных (на месяц и сезон).

Непостоянству погоды обычно противопоставляют устойчивость климата. Всем привычны частые туманы и дожди в Ленинграде, обилие солнечного света и тепла в Ташкенте, суровые зимы в Сибири и мягкие — в Закавказье.

Представление об устойчивости климатического режима основано на подсчете средних величин температуры, осадков и других элементов, вычисленных по многолетним наблюдениям. Такие средние величины действительно устойчивы; следовательно, при наступлении морозных дней где-либо в Италии не надо обзаводиться валенками, а при зимней оттепели в Сибири — разрушать в домах печи. Но каковы возможные пределы подобных отклонений? Приведем один-два примера. Для краткости ограничимся непродолжительным периодом — 1-й половиной XX столетия и месячными средними величинами. Наиболее высокая за этот период температура января в Москве соответствовала средней многолетней в Кишиневе или Ростове-на-Дону, а наиболее низкая — на Новой Земле и в Иркутске. Наиболее теплый январь в Копенгагене был близок к среднему в Риме, а наиболее холодный — на Шпицбергене. Наиболее высокие и низкие июльские московские температуры

оказались равными, соответственно, астраханским и архангельским средним. В самые теплые июльские дни термометры в Копенгагене показывали среднюю температуру Лиссабона, а в самые холодные — среднюю температуру бухты Тикси. Количество выпадающих атмосферных осадков менялось столь же значительно, вызывая либо засухи, либо избыточное увлажнение.

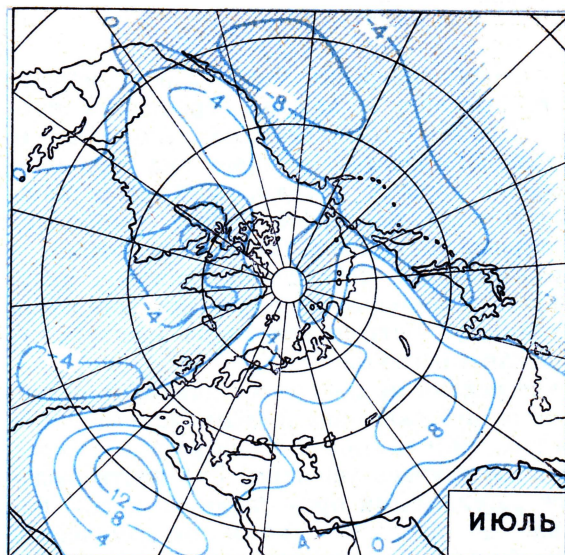
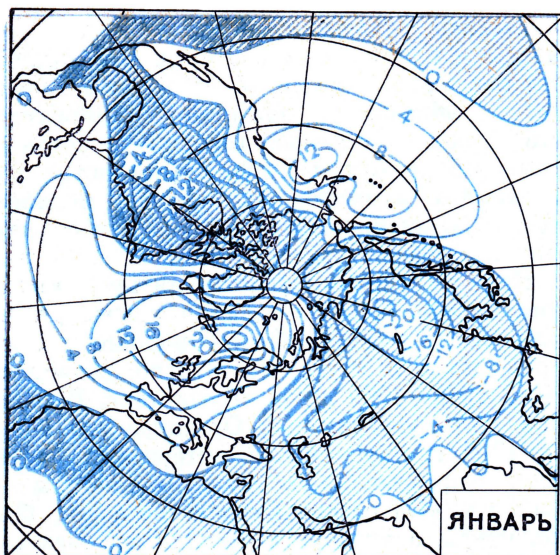
Надо ли напоминать, что такие отклонения нередко сопровождаются повреждением или гибелью растений, нарушением работы транспорта и т. п. Достаточно вспомнить зиму 1968—1969 гг. В «Бюллетене Всемирной Метеорологической Организации» № 2 за 1969 г. опубликован интересный перечень «чрезвычайных явлений погоды в 1968 г.». «На севере Европы весь год был холодным, а октябрь в Финляндии оказался самым холодным в XX столетии. Заморозки в Италии повредили большие площади посевов. Лето в большинстве стран Европы было холодным, но в северо-западных районах Испании исключительно жарким. Ливни и паводки принесли большие разрушения в разных частях северного полушария. А в южном — господствовала сильная засуха». 1969 г. продолжил этот список «ненормальностей». На юге Среднеазиатских республик, например, морозы превышали 20—25°, выпало много снега. В других же районах, на западе, было тепло и сухо.

Поэтому понятно желание научиться заблаговременно предвидеть и более значительные, и более продолжительные — чем при ежедневной смене погоды — изменения. Но пока мы говорим только о погоде. Ведь метеорологический режим месяца, сезона, года — это тоже погода, а не климат.

Но взяв большие отрезки времени, легче выявить закономерность наблюдавшихся отклонений и научиться их прогнозировать.

КЛИМАТОЛОГИЧЕСКИЙ И КЛИМАТИЧЕСКИЙ (СВЕРХДОЛГОСРОЧНЫЙ) ПРОГНОЗ

Детально разработанная многолетняя характеристика климата какого-либо места сама по себе может служить прогнозом. Это следует из представления об устойчивости климатического режима, а значит, и о сохранении его в будущем. Климатологический прогноз очень ценен для разработки проектов капитальных сооружений (зданий, плотин, ирригационных систем) и при решении вопросов об акклиматизации растений и животных.



НАБЛЮДАЕМАЯ ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА, измеренная вблизи поверхности Земли, отличается от расчетной, вычисленной для каждого широтного круга. В январе отрицательные отклонения (показаны штриховкой) располагаются над континентами, положительные — над океанами (суша холоднее моря); летом — наоборот

Но он не дает указаний о времени появления тех отклонений в климатическом режиме, его колебаний, о которых говорилось выше, и не полностью удовлетворяет перспективное планирование народного хозяйства на принятые сейчас сроки (15—20 лет). Это — задача климатического или сверхдолгосрочного прогноза.

Разработка методики такого прогноза принадлежит к числу труднейших задач современной науки, что легко объясняется уже отмечавшейся нестабильностью атмосферных процессов, развивающихся под влиянием большого числа взаимосвязанных земных и космических (собственно, солнечных) воздействий. Климатический прогноз надо строить иначе, чем прогноз погоды. В его основе должно быть выявление периодичности (или цикличности) процессов.

Известны многочисленные попытки уловить периодичность не только в изменении климатических показателей, но и в самых различных природных явлениях: урожайности хлебов, винограда, фруктов; толщине древесных колец; стоке рек; уровне озер; смещении границы ледников и в других. Для этой цели привлекаются также исторические «хроники», летописи, косвенные показатели и признаки.

Количество открытых такими способами периодов очень велико. Но так как большин-

ство из них получено чисто формально, то выявленные циклы вскоре переставали «работать». Для того чтобы разобраться в этом, рассмотрим вкратце основные причины происхождения цикличности в климатических явлениях.

СОЛНЦЕ И ТРОПОСФЕРА

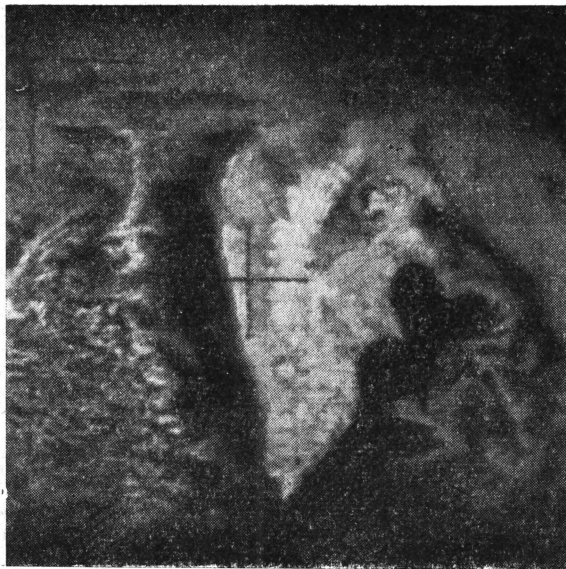
Прямая связь с Солнцем процессов в верхних слоях земной атмосферы и явлений в магнитном поле Земли, так же как и механизм передачи и восприятия солнечных воздействий, установлены и изучены достаточно хорошо. Значительно хуже исследованы те же вопросы в тропосфере. Здесь нет очевидных прямых связей, велико число промежуточных звеньев и, как уже отмечалось ранее, много дополнительных воздействий. Из-за этого появились две резко различные трактовки вопроса. Сторонники одной из них пытаются любые колебания погоды и климата, урожайности, паводков и т. д. прямо связать с изменениями солнечной активности; их противники начисто отрицают всякую связь атмосферных процессов с Солнцем и всё пытаются объяснить чисто земными причинами.

Напомним несколько основных исходных положений обсуждаемой проблемы. Наклон земной оси и стабильность ее положения в пространстве приводят к тому, что в поляр-

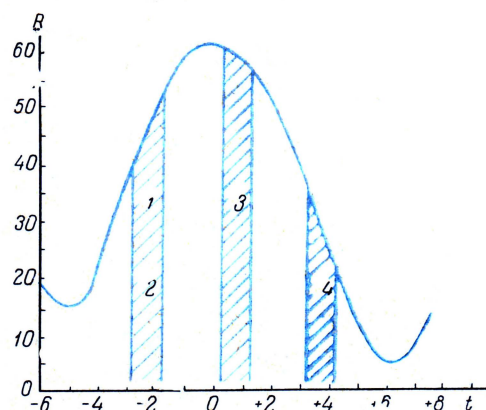
ных областях сезонные различия в нагревании велики, а в экваториальном и тропических поясах — незначительны. Это создает механизм планетарной (общей) циркуляции атмосферы, т. е. совокупность потоков во всей воздушной оболочке. Без общей циркуляции в приполюсном районе было бы значительно холоднее, а в экваториальном теплее, чем сейчас.

Очень существенна роль неоднородности земной подстилающей поверхности. Коротковолновая солнечная радиация в очень слабой степени поглощается воздушной оболочкой. Атмосфера нагревается длинноволновым излучением подстилающей поверхности, и это объясняет огромное влияние последней на развитие атмосферных процессов. Особенно сильно сказываются различия между водой и сушей; они прослеживаются до больших высот. «Континентальный эффект» подтверждается направлением воздушных течений и электронной концентрацией ионизованного слоя, распределением полярных сияний.

Внутри самих материков большое влияние на погоду и климат оказывают горы. Показательны также различия средних годовых температур Орджоникидзе ($8^{\circ},4$) и Тбилиси ($12^{\circ},6$), Симферополя ($9^{\circ},8$) и Ялты ($13^{\circ},0$),



ВЛИЯНИЕ КАМЧАТКИ НА ОБЛАЧНОСТЬ. Когда северо-восточные ветры пересекают полуостров, над сушей образуется значительная, а перед горами сплошная облачность. В опускающемся к морю возвышенности воздушном потоке облака размылись; над широкой прибрежной полосой небо чистое. Кромка облачности над открытым морем параллельна береговой черте. (Снимок со спутника «Тайрос-VII», 16 I 1964 г.)

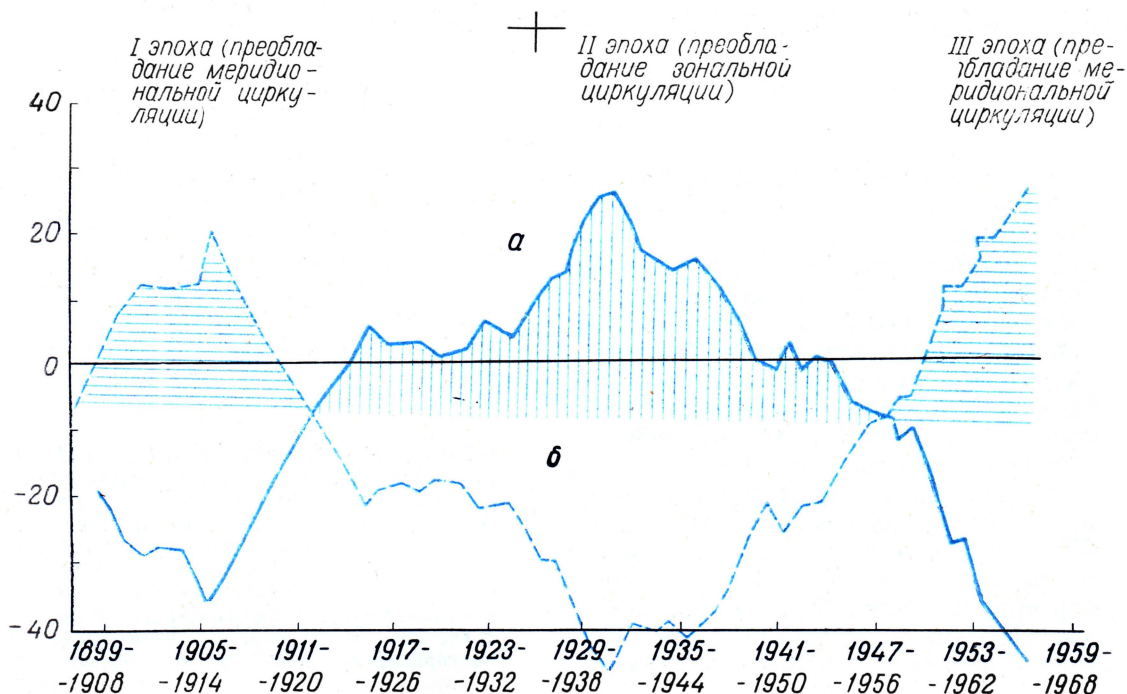


ОСНОВНАЯ ЗАДАЧА ИССЛЕДОВАНИЙ связи погоды с колебаниями солнечной активности — это долгосрочный и сверхдолгосрочный прогноз. На рисунке показана подсчитанная Б. М. Рубашевым наибольшая повторяемость (заштрихованные полосы) различных типов атмосферной циркуляции в разных частях 11-летнего цикла солнечной активности: 1, 2 — наибольшая повторяемость северной меридиональной циркуляции в Сибирском секторе и нарушения зональности в Американском; 3 — южной меридиональной циркуляции в Американском секторе; 4 — западной зональной циркуляции в Сибирском секторе. R — числа Вольфа, t — годы, отсчитываемые от года максимума солнечной активности (по Б. М. Рубашеву)

Франкфурта ($9^{\circ},7$) и Милана ($13^{\circ},1$). Разности географических широт в каждой паре невелики, но во всех трех случаях один из пунктов расположен севернее, а второй — южнее горного массива. Надо вспомнить, наконец, и о сезонном изменении условий взаимодействия подстилающей поверхности с атмосферой (залегание и сход снежного покрова, вегетация растительности, образование и таяние льдов). Такова одна из «цепей» преобразования части солнечной энергии, поступающей на Землю.

В последнее время все большее значение придается воздействию на процессы в тропосфере также других видов солнечной радиации. Наряду с этим, тропосферные процессы все чаще сопоставляются с характеристиками земного магнитного поля и магнитными возмущениями.

По мнению многих исследователей, воздействие корпускулярной радиации вызывает повышение температуры верхних слоев атмосферы путем разогрева слоя озона или образования волн. Э. Р. Мустель считает, что из-за разного содержания водяного пара в воздухе проникновение корпускулярной ра-



СООТНОШЕНИЕ ЗОНАЛЬНЫХ (близких по направлению к широтным кругам) и меридиональных (близких к направлению с севера на юг или с юга на север) переносов, создающих общую циркуляцию земной атмосферы, закономерно меняется во времени. На рисунке показан ход обеих составляющих циркуляции в XX столетии (по 10-летним скользящим средним). Отклонение каждого 10-летия от многолетней средней, подсчитанной за 68 лет, дано в днях продолжительности действия зональной или меридиональной циркуляции (по вертикальной оси). Весь период четко делится на 3 части — «эпохи»: в 1-й и 3-й более продолжительной была меридиональная циркуляция (б), во второй — зональная (а). С таким ходом циркуляции хорошо согласуется ход температуры воздуха и количества выпавших атмосферных осадков в разных частях северного полушария

диации вниз происходит по-разному над материками и океанами. Поэтому различно нагретые участки высоких слоев атмосферы вызывают появление воздушных течений в стратосфере, воздействующих затем на движения воздуха вниз. Кроме того, различные виды солнечной радиации — тепловая, корпускулярная, рентгеновская — обладают неодинаковой скоростью и приходят к Земле в разное время. Различна также скорость их воздействия на атмосферу. Происходит наложение процессов, способное полностью изменить их первоначальный характер и скрыть начальную причину.

Даже несколько этих замечаний подтверждают чрезвычайное многообразие факторов, влияющих на образование атмосферных процессов, хотя единственной их основой является солнечная энергия.

От всего сказанного может создаться впечатление, что научиться предсказывать изме-

нения климатического режима почти невозможно. На самом деле положение не так безнадежно и уже намечились конкретные пути для поисков решения задачи.

ЦИРКУЛЯЦИЯ АТМОСФЕРЫ И КОЛЕБАНИЯ (ФЛУКТУАЦИИ) КЛИМАТА

Уже была отмечена очень большая роль циркуляции атмосферы в формировании погоды и климата. Вспомним также, что изменения различных видов солнечной радиации, как и состояния подстилающей поверхности, в первую очередь сказываются на свойствах и динамике воздушных потоков, т. е. опять-таки на общей циркуляции атмосферы. Логично поэтому предположить, что именно изменчивость циркуляции является, с одной стороны, наиболее чувствительным показателем осуществления внешних воздействий, а с другой — непосредственной и основной

причиной вариаций климатического режима. Правильность такого заключения подтверждена многочисленными исследованиями.

Отметим, что вариации и циркуляции и климата не имеют характера правильных колебаний с определенной длиной волны и величиной амплитуды. Поэтому их правильнее называть флуктуациями.

Из всего сказанного можно сделать вывод, что анализ таких флуктуаций должен осуществляться по материалам, характеризующим планетарную циркуляцию в целом. Однако по южному полушарию данных не так много, что вынуждает в некоторых случаях ограничиться материалами только для северного полушария. Но дальше этого минимума идти нельзя.

Нужно отыскать такие показатели, которые характеризовали бы циркуляцию на всем полушарии сразу. Это достигается путем подсчета индексов интенсивности циркуляции в разных частях полушария или путем определения характерных процессов — типов циркуляции. Одна из систем типизации таких процессов, названных «элементарными циркуляционными механизмами» (ЭЦМ) на полушарии, разработана автором и его сотрудниками. О реальности выделенных схем можно — помимо результатов произведенных многочисленных других проверок — судить и по сделанному сопоставлению ЭЦМ с распределением облачно-

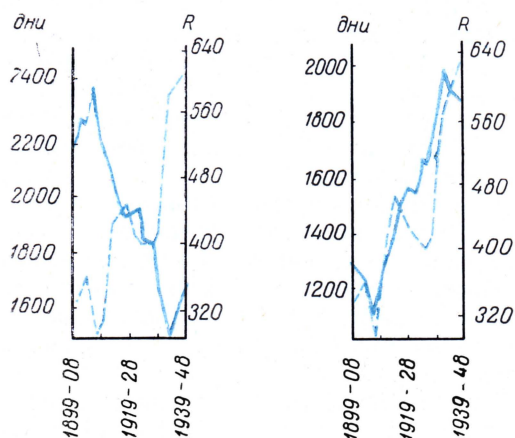
сти на полушарии по данным наблюдений со спутника.

Основные и наиболее важные особенности хода циркуляции заключаются в соотношениях между собой зональных (широтных) и меридиональных ее составляющих. Истекшие 69 лет XX столетия четко делятся на три периода, отличающиеся преобладанием зональной (второй период) или меридиональной циркуляции (первый и третий; последний еще не закончился, прошла, по-видимому, его первая половина).

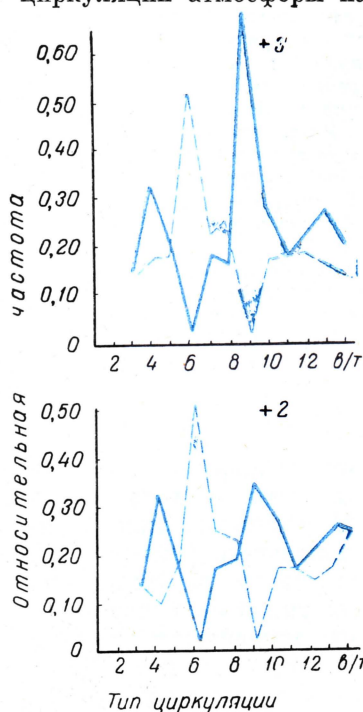
Эти три периода названы циркуляционными и климатическими эпохами: 1-я и 3-я — меридиональными, 2-я — зональной. Очень важно то, что зональная эпоха, в целом более теплая, отмечалась большей устойчивостью погоды, в то время как меридиональные — в целом более холодные — отличаются частыми и резкими переменами погоды. Последние годы дали нам много таких примеров. Некоторые из них упоминались в начале статьи.

Итак, будем считать, что вторая часть рассматриваемой нами цепи: «циркуляция — климат» выявлена. Как обстоит дело с первой — «Солнце — циркуляция»?

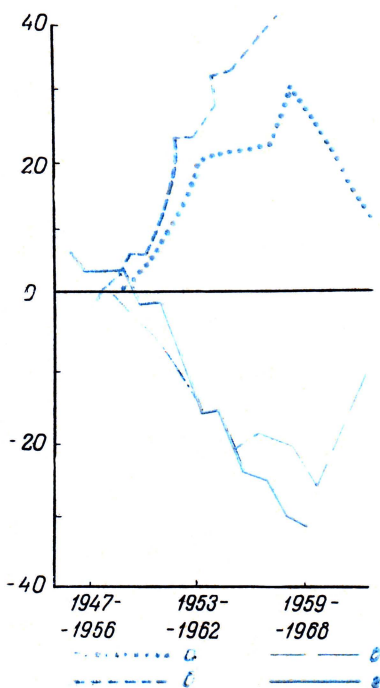
Очень ценными в этом отношении оказались работы Ленинградских астрономов А. Я. Безруковой и Б. М. Рубашева, использовавших названные выше материалы по циркуляции атмосферы над северным полу-



МНОГИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ УСТАНОВЛИВАЮТ связь между многолетними изменениями общей циркуляции земной атмосферы и солнечной активностью. Это подтверждено сделанным А. Я. Безруковой сопоставлением хода чисел Вольфа (R) с ходом продолжительности действия меридиональной (а) и зональной (б) циркуляции над всем северным полушарием



ХАРАКТЕР циркуляции земной атмосферы связан с возмущениями магнитного поля Земли. На рисунке показано, как часто и какие типы циркуляции можно наблюдать на вторые (+2) и третьи (+3) сутки после геомагнитновозмущенного (сплошная линия) и геомагнитноспокойного (пунктирная линия) дня. Знаком «в/т» обозначены все случаи циркуляции вне типа — смешанный характер циркуляции (по Б. М. Рубашеву)



СОПОСТАВЛЕНИЕ всех разработанных материалов о связи изменчивости климатических элементов с изменениями солнечной активности позволило при окончании 2-й циркуляционной эпохи XX столетия (зональной) впервые дать опытный сверхдолгосрочный (климатический) прогноз характера циркуляции в 3-й эпохе. Прогноз предусматривал смену зональной циркуляции на меридиональную. Результат показан на рисунке: а — прогностическая кривая продолжительности меридиональной циркуляции; б — кривая продолжительности фактически наблюдавшейся меридиональной циркуляции; в — прогностическая кривая продолжительности зональной циркуляции; г — кривая продолжительности зональной циркуляции

шарием (ЭЦМ). Ими установлена хорошая согласованность многолетнего хода чисел Вольфа с ходом ЭЦМ зонального типа (прямая связь) и меридионального (контрфазы), показана устойчивая связь распределения частоты ЭЦМ разных типов с магнитноспокойными и магнитновозмущенными днями, а также повторяемость определенных ЭЦМ в разных частях 11-летнего солнечного цикла.

Таким образом, выясняется и 1-я половина

рассматриваемой нами цепи. Естественно, возникает желание использовать всю цепь — «Солнце — общая циркуляция атмосферы — климат», т. е. дать прогноз на будущее. Этим «будущим» в данном случае должна стать следующая циркуляционная и климатическая эпоха.

Такая попытка была сделана мною при окончании 2-й, зональной, эпохи. Был дан опытный прогноз циркуляции на 3-ю. Прогноз оказался удачным. Подтверждением служит также характер погоды этих лет, ее сильно выраженная изменчивость. Особенно резко все проявилось в 1968 и 1969 гг. (повидимому, в связи с вековым ходом солнечной активности). Возникает предположение, что пик 3-й эпохи не пройден и ее предполагаемое окончание придется немного сдвинуть на 1976—1980 гг. Остается терпеливо ждать, оправдается ли и эта корректировка.

Стоит обратить внимание на следующее любопытное обстоятельство. За последние 7—8 лет появилось немалое число прогнозов на период до 1970—1980 гг. и даже до начала следующего столетия. Используются самые разнообразные показатели. Вот несколько примеров. На основании анализа прироста хвойных деревьев и смещения границы лесов в Скандинавии прогнозируется ухудшение климатических условий в Европе до 1975 г., а до 2060 г. — колебания около среднего уровня. Предсказание значительных зимних похолоданий на тот же период сделано по кольцам деревьев. Продолжительные, суровые и сухие зимы в Европе до 1976—1980 гг. предвидят на основе анализа материалов метеорологических наблюдений и статистического анализа серий индексов погоды. Аналогичный прогноз составлен для Северной Америки.

Число примеров можно было бы увеличить. Но и приведенные здесь показывают, как можно получить близкие выводы, используя разные способы. В какой-то мере это можно расценивать как косвенное подтверждение прогноза, основанного на анализе циркуляции.

Можно ли из всего этого сделать вывод, что метод сверхдолгосрочного прогноза уже разработан и прогнозирование переходит в стадию оперативной работы? К сожалению, это далеко не так. Делаются первые шаги. Удачу следует расценивать только как признак того, что поставленная задача разрешима, и как известное подтверждение правильности выбранного пути. Не нужно забывать, что успех зависит от прогноза солнечной активности. Но это уже забота астрономов.

**Р. САГАН
Д. МОРРИСОН
(США)**

ПЛАНЕТА МЕРКУРИЙ

Решен, наконец, вопрос о вращении Меркурия — одной из интереснейших планет солнечной системы. Наблюдатель, оказавшийся на Меркурии, стоял бы на поверхности, похожей на лунную, и видел, как в запутанном «танце» движется Солнце по небу.

История, согласно которой Коперник на смертном одре сожалел лишь о том, что никогда не видел Меркурия, по-видимому, вымышлена. Однако Меркурий — трудный объект даже для нынешних астрономов, вооруженных самыми современными инструментами. Планета невелика по размерам и очень близка к Солнцу. В результате яркость неба и рассеянный солнечный свет сильно мешают наблюдениям. По этим причинам, а также потому, что угловой размер Меркурия очень мал (всего 7", когда планету легче всего наблюдать), во всем мире вряд ли найдется более нескольких десятков человек, которые видели какие-либо детали на поверхности планеты. Фотографирование же планеты, хотя и выявляет некоторые детали, дает изображения очень низкого качества.

Как известно, фотопластинка требует определенного времени для экспозиции. Поэтому при фотографировании моменты хорошей и плохой видимости суммируются. Человеческий глаз способен разделять моменты хороших условий видимости от плохих и сосредоточиться на тех деталях, которые появляются, когда атмосфера особенно прозрачна и спокойна. В итоге, исследователь может при визуальных наблюдениях выявить гораздо больше тонких деталей, чем при фотографировании. Так в действительности и обстоит дело, но визуальные наблюдения имеют свои трудности, вызванные капризами человеческого зрения и различием наблюдателей.

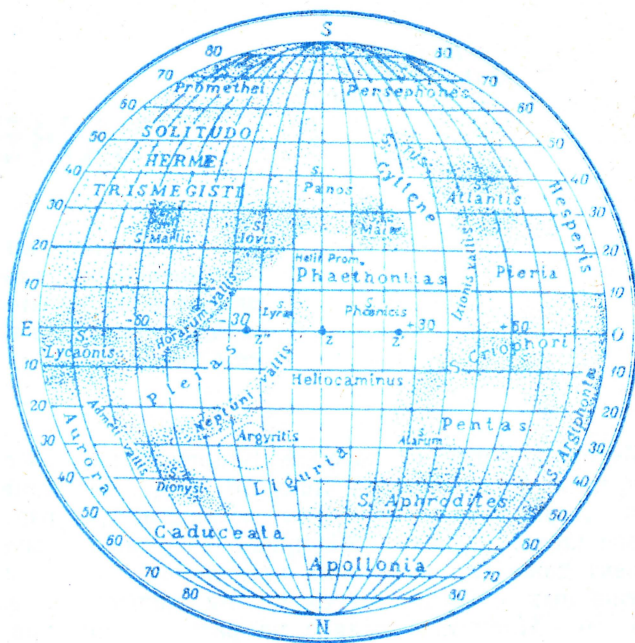
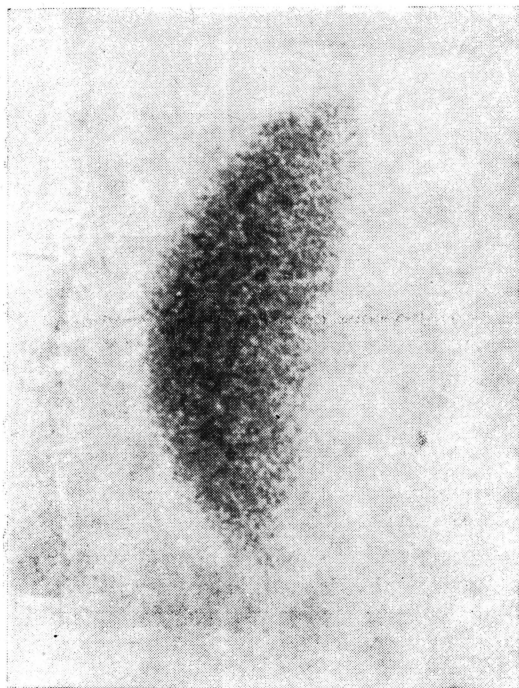
В нашем представлении о природе Меркурия недавно произошел драматический пе-

реворот. Причиной этого были новые наблюдения планеты — радиоастрономические и радиолокационные. Однако прежде чем описывать недавние успехи, бросим беглый взгляд на ранние наблюдения Меркурия и выводы из них, поскольку все это имеет прямое отношение к нашему рассказу.

В начале XIX в. немецкий астроном И. Шрётер опубликовал зарисовки деталей поверхности Меркурия, на основании которых известный ученый Ф. Бессель установил, что период вращения планеты вокруг оси равен 24 часам 00 минутам 53 секундам, а ось вращения весьма значительно (на 70°) наклонена к плоскости орбиты. Эти числа говорили о сходстве всех внутренних планет солнечной системы, поскольку Земля и Марс имели периоды вращения, близкие к 24 часам, и наблюдения как будто свидетельствовали, что период вращения Венеры того же порядка.

Прошло не меньше 75 лет, пока Дж. Скиапарелли, открывший «каналы» на Марсе, доказал, что вывод о столь коротком периоде вращения Меркурия ошибочен. Длительный ряд наблюдений и многочисленные зарисовки убедительно продемонстрировали, что Меркурий не может вращаться вокруг своей оси так быстро. Скиапарелли заключил, что Меркурий совершает один оборот за 87,96 земных суток, т. е. за время, в точности равное периоду обращения планеты вокруг Солнца. Примерно тогда же Дж. Дарвин исследовал влияние приливных сил на вращение небесных тел и впервые объяснил, почему Луна всегда повернута к Земле од-

«Science Journal», 4, 12, 1968 г. Сокращенный перевод Л. В. Самсоненко.



МЕРКУРИЙ — ТРУДНАЯ ДЛЯ ФОТОГРАФИРОВАНИЯ ПЛАНЕТА. Изображение Меркурия (слева) составлено из четырех снимков (экспозиция каждого снимка 0,25 секунды), полученных авторами в ближних инфракрасных лучах. Фотографии были сделаны с помощью специально сконструированной камеры, установленной в неподвижном фокусе 208-сантиметрового телескопа обсерватории Мак-Доналд. Карта Меркурия (справа) составлена Е. Антониади на основе визуальных наблюдений, выполненных в 1924—1927 гг. На карте — только одно полушарие планеты, поскольку раньше ошибочно предполагали, что Меркурий постоянно обращен одним и тем же полушарием к Солнцу

ной и той же стороной. Случай Меркурия и Солнца казался совершенно аналогичным случаю Луны и Земли, и теоретические доводы Дарвина, как и наблюдения Скиапарелли, к концу XIX в. убедили всех, что Меркурий всегда обращен к Солнцу одним и тем же полушарием. Этот «факт» до сих пор можно найти в большинстве руководств по астрономии. Поэтому Меркурий называли одновременно и самым горячим, и самым холодным местом в солнечной системе: освещенное полушарие планеты нагревалось прямыми лучами близкого Солнца, а сторона, противоположная Солнцу, согревалась только светом звезд и теплом, идущим из недр планеты. Разумеется, карта Меркурия, составленная одним из преемников Скиапарелли — французским астрономом Е. Антониади, содержала только одно полушарие.

Названия, которые Антониади дал деталям поверхности, заимствованы из римской и греческой мифологии.

В 1962 г. В. Говард и его сотрудники (США) впервые обнаружили радиоизлучение Меркурия. Их радиотелескоп не мог разрешить диск Меркурия; принятый сигнал включал излучение от всего диска. Во время наблюдений Меркурий имел фазу серпа, и Солнце освещало лишь малую часть диска; большая его часть была темной и, по-видимому, крайне холодной. Однако интенсивность принятого радиоизлучения оказалась слишком большой и явно противоречила этой схеме. Правда, можно было предположить, что освещенное полушарие Меркурия было

весьма горячо; но наблюдения требовали, чтобы температура освещенной части планеты составляла примерно 1100°K — куда больше, чем температура абсолютно черного тела, находящегося на расстоянии Меркурия и нагреваемого Солнцем. Можно было также считать, что темная сторона планеты не так холодна, как думали раньше. Единственным источником нагрева темной стороны в этом случае становились ветры. Расчеты показали, что даже относительно тонкая атмосфера могла бы обеспечить перенос тепла от освещенной стороны к темной, но для этого требовались очень высокие скорости ветра, достигающие скорости звука в атмосфере Меркурия.

Из-за близости Меркурия к Солнцу любая гипотетическая атмосфера этой планеты имела бы очень высокую температуру экзосферы. Поэтому все молекулы, за исключением самых тяжелых, ускользали бы из верхних слоев атмосферы в межпланетное пространство за время, малое по сравнению с возрастом солнечной системы. Вряд ли на Меркурии могли остаться даже такие тяжелые газы, как аргон и углекислый газ. Правда, имелись некоторые свидетельства в пользу существования атмосферы на Меркурии. В частности, Антониади сообщал о «вуали», временами покрывающей детали поверхности планеты. Французский астроном О. Дольфус на основании поляриметрических измерений заявил, что давление в меркурианской атмосфере не превышает нескольких миллибар. Советский астроном В. И. Мороз сообщил о спектроскопическом отождествлении углекислого газа в атмосфере Меркурия с давлением порядка 1 мбар (атмосферное давление на Земле равно 1000 мбар).

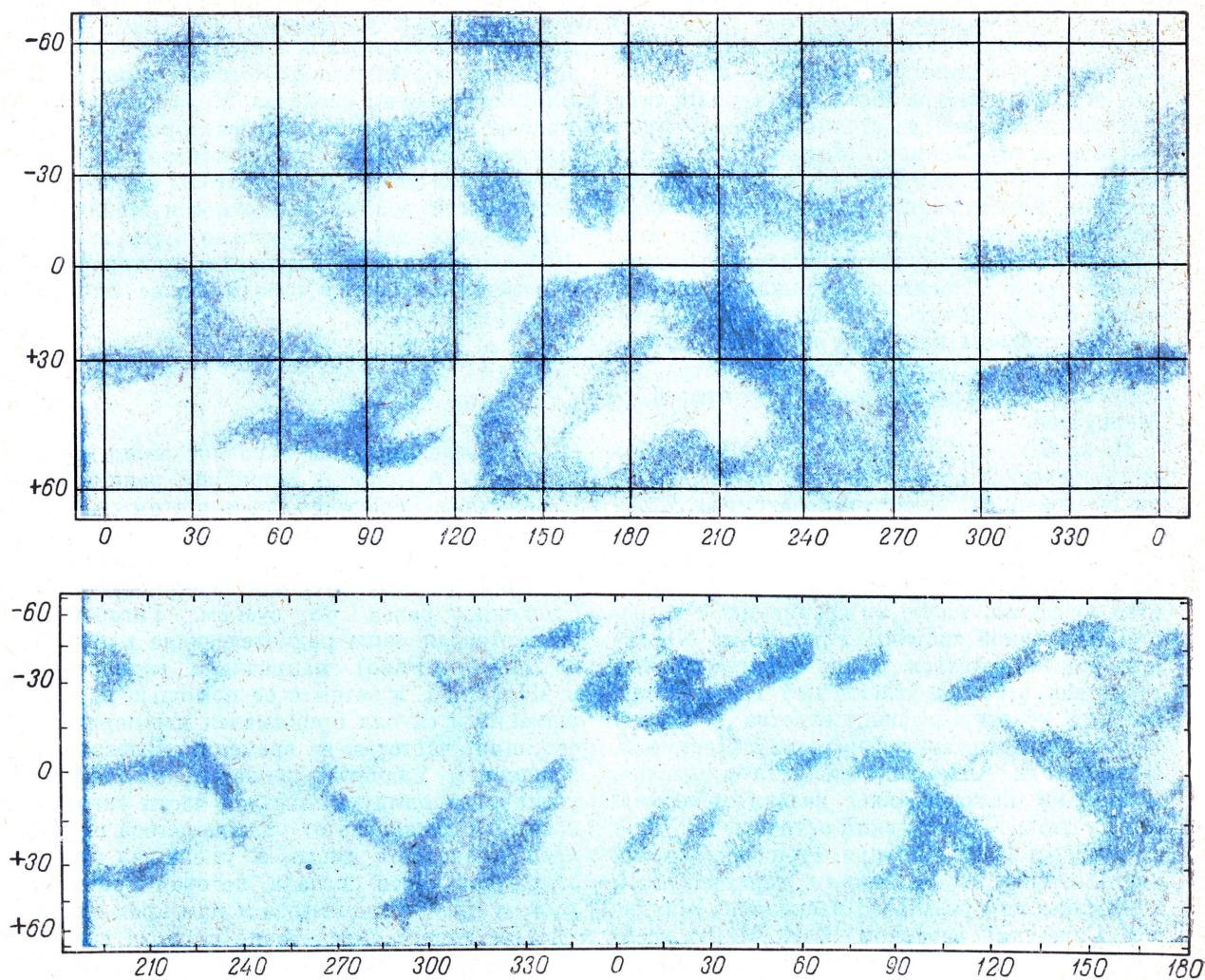
Тем не менее предположение о существовании на Меркурии атмосферы с давлением, близким к 10 мбар, наталкивалось на серьезную трудность, связанную с фотометрическими и поляриметрическими свойствами поверхности Меркурия. Дело в том, что величина поляризации рассеянного планетой солнечного света определенным образом связана с фазовым углом; интенсивность и зависимость от фазы отраженного света в функции длины волны также известны из наблюдений. Поляриметрические и фотометрические свойства поверхности Меркурия, в том числе весьма низкая отражательная способность (6%), замечательно похожи на свойства Луны. В настоящее время свойства лунной поверхности хорошо объясняются наличием на Луне тонкой пыли или очень пористых пород, потемневших в результате

бомбардировки протонами солнечного ветра (с энергией порядка 1 кэв). Казалось весьма правдоподобным, что фотометрические и поляриметрические свойства Меркурия объясняются действием тех же факторов. Однако, как заметил в 1967 г. один из авторов (Карл Саган), для того чтобы протоны солнечного ветра могли достичь поверхности Меркурия, атмосферное давление должно быть меньше 10^{-4} мбар. Это явно вступает в противоречие с доводами в пользу гораздо более плотной атмосферы.

За последние несколько лет наши представления о природе Меркурия радикально изменились. Решающую роль в этом сыграло открытие американскими радиоастрономами Р. Дайсом и Г. Петтенгилом, что период вращения Меркурия не может быть даже приближенно равен 88 суткам. Гигантская 300-метровая чаша радиотелескопа в Аресибо (Пуэрто-Рико) направляла радиоволны к Меркурию, и затем с ее помощью возвращающийся сигнал принимался и измерялся в функции частоты и времени. Вызванный вращением планеты доплеровский эффект увеличивал длину волны той части сигнала, которая отражалась от удаляющегося от нас края планетного диска, и уменьшал длину волны той части сигнала, которая принималась от приближающегося к нам края диска.

Уже первое определение периода вращения планеты дало 59 ± 5 суток, а последующие наблюдения уточнили это значение до 59 ± 3 суток. В то же время С. Пил и Т. Голд (США) отметили, что приливной «захват» Меркурия Солнцем был рассчитан для круговой орбиты. На самом же деле орбита Меркурия эксцентрична, вследствие чего различным положениям планеты на орбите соответствовали бы разные периоды вращения, зависящие от расстояния до Солнца. Пил и Голд заключили, что для Меркурия возможен любой период вращения, заключенный между 56 и 88 сутками, в зависимости от того, как именно рассеивается энергия в недрах планеты.

Однако вскоре итальянский астроном Дж. Коломбо обратил внимание на то, что $\frac{2}{3}$ от 87,969 суток (период обращения Меркурия) равны 58,65 суток — значение, близкое к радиолокационному периоду вращения. Коломбо и американский исследователь И. Шапиро показали, что именно этого «захвата на двух третях периода обращения» можно ожи-



СОВРЕМЕННЫЕ КАРТЫ МЕРКУРИЯ составлены на основании предположения, что период вращения равен $\frac{2}{3}$ периода обращения вокруг Солнца, а ось вращения перпендикулярна к плоскости орбиты. Расположение темных пятен на обеих картах совпадает. Верхняя карта составлена французскими астрономами Ж. Камишелем и О. Дольфюсом по фотографическим и визуальным данным; нижняя — К. Чепменом (США) путем отбора 130 зарисовок и фотографий, полученных многими наблюдателями

дать, если предположить, что в дополнение к солнечному приливному моменту на Меркурий воздействует добавочный момент сил, возникающий вследствие асимметрии Меркурия относительно оси вращения, — другими словами, если принять, что фигура Меркурия не находится во вращательном равновесии*. Но это возвращает нас к прежним визуальным наблюдениям планеты. Теперь мы знаем, что оба полушария Меркурия обращены к Солнцу. Почему же не было со-

ставлено ни одной карты «другого» полушария?

Синодический период Меркурия — промежуток времени, за который происходит полная смена его фаз, — равен 116 земным суткам. Если его период вращения составляет $\frac{2}{3}$ от периода обращения вокруг Солнца, тогда «солнечные сутки» на Меркурии — промежуток времени между двумя последовательными восходами Солнца, наблюдаемыми из одной и той же точки на Меркурии, — равны 176 земным суткам, или 2 меркурианским годам. Это очень близко к 1,5 синодическому периоду. Следовательно, через каж-

* Подробнее см. «Земля и Вселенная», № 4, 1966 г., стр. 58. (Прим. ред.)

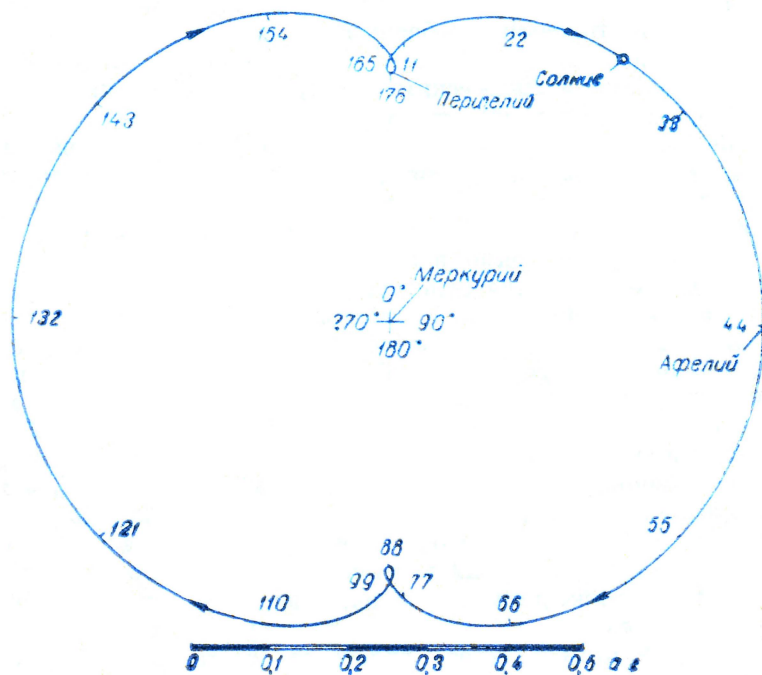
дые три синодических периода с Земли может наблюдаться та же часть диска планеты при той же самой фазе. Но по замечательному совпадению, связанному с тем, что три синодических периода Меркурия близки к одному земному году, наиболее благоприятные условия видимости Меркурия наступают тоже через каждые три синодических периода. При каждом таком благоприятном расположении планет те же самые детали на диске Меркурия будут видны при тех же самых фазах. Поскольку три синодических периода не в точности равны одному земному году, этот «стробоскопический эффект» постепенно смещает фазу. Но сравнение наблюдений, выполненных в течение 5—6 земных лет, даст почти тот же самый результат.

Именно вследствие этого «стробоскопического резонанса» астрономы, наблюдавшие Меркурий визуально, были введены в заблуждение, поверив, что период вращения планеты составляет 88 суток. Недавно были по существу заново открыты старые зарисовки планеты, согласующиеся с периодом 59 суток и противоречащие периоду 88 суток, — очевидно, эти данные раньше просто игнорировались, поскольку они не укладывались в прежние представления. «Вуаль», отмечавшаяся Антониади, может объясняться этой же причиной. Визуальное опреде-

ление периода вращения Меркурия — это предостерегающая история о проблеме единственности научного объяснения.

«Захват на двух третях» по отношению к периодам вращения и обращения Меркурия в настоящее время следует считать установленным достаточно надежно. (Впрочем, хотя расчеты указывают на устойчивость этой конфигурации, остается весьма интригующий вопрос об эволюции движения Меркурия до того, как установился этот единственный в своем роде период вращения.) Загадка, поставленная первыми наблюдениями в микроволновом диапазоне, теперь легко разрешается. Темная сторона Меркурия не была темной все время: она была обращена к Солнцу не позднее 88 суток назад до момента наблюдений. Отпадает необходимость в ураганных ветрах, переносящих тепло с освещенной стороны на темную. Д. Ри и Б. О'Лири на дискуссии в Калифорнийском университете отметили, что истолкование поляриметрических измерений как свидетельство наличия атмосферы на Меркурии вызвано ошибкой в интерпретации данных. Недавние спектроскопические наблюдения Меркурия, выполненные с очень большим разреше-

ВИДИМЫЙ ПУТЬ СОЛНЦА, наблюдаемый с Меркурия, напоминает птолемеевскую схему движения планет. Расстояния и положения на орбите нанесены с интервалом 11 суток. Две петли относятся к перигелию, когда Солнце перемещается по небу Меркурия в обратном направлении. Такую диаграмму первым нарисовал С. Сотер (США)



нием Х. Смитом и его коллегами на обсерватории Мак-Доналд, не показали никаких следов углекислого газа в атмосфере планеты. Тем самым верхний предел содержания углекислого газа на Меркурии оказался на два или три порядка величины ниже значения, сообщенного В. И. Морозом. Таким образом, сейчас нет никаких данных о присутствии атмосферы на Меркурии. Однако для объяснения довольно высоких температур на темной стороне планеты атмосфера и ветры в ней уже не нужны. Наконец, фотометрические и поляризационные свойства поверхности Меркурия теперь могут быть объяснены по аналогии с Луной, у которой нет атмосферы.

Наблюдаемое с Меркурия видимое движение Солнца и звезд оказывается уникальным в солнечной системе. Это вызвано двумя обстоятельствами: во-первых, период обращения Меркурия составляет $\frac{3}{2}$ от периода вращения; во-вторых, большой эксцентриситет его орбиты приводит к значительному изменению угловых скоростей и расстояний до Солнца в течение одного периода обращения. Эксцентриситет орбиты Меркурия равен 0,2; вследствие этого расстояние Меркурия от Солнца меняется от 0,308 а. е. в перигелии до 0,467 а. е. в афелии. Соответствующие пределы для угловых размеров Солнца составляют от $1^{\circ},6$ до $1^{\circ},1$ (видимый диаметр Солнца с Земли постоянно равен примерно $0^{\circ},5$).

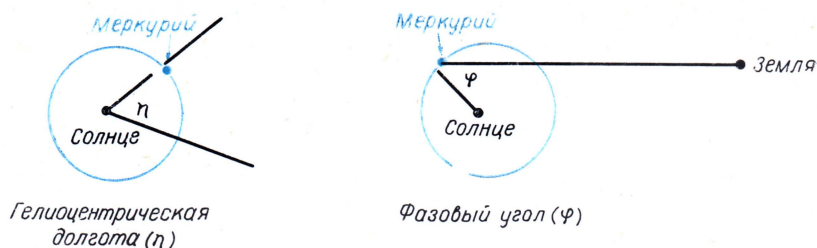
Представим себе, как будет перемещаться Солнце над головами воображаемых меркуриан, предполагая, в соответствии с радиолокационными и оптическими измерениями, что ось вращения планеты мало отклонена от перпендикуляра к плоскости орбиты. Что увидит наблюдатель, расположившийся на экваторе планеты на том меридиане, где Солнце при наименьшем расстоянии от Меркурия находится прямо в зените? При восходе и заходе Солнце будет удалено от наблюдателя на наибольшее расстояние. Наблюдатель увидит, как восходящее Солнце поднимается, двигаясь по небосводу с максимальной угловой скоростью; приближаясь к зениту, оно постепенно замедляет свое движение и увеличивается в размерах. Затем Солнце меньше чем на градус переходит через зенит, останавливается и начинает двигаться в обратную сторону. Пройдя назад примерно градус, оно опять меняет направление своего движения на первоначальное, а затем, понемногу наращивая скорость, опускается и при этом «худеет» вплоть до своего захода через половину меркурианских суток

(или через 88 земных суток). Тем временем звезды будут проходить по небосводу в три раза быстрее, чем Солнце. Из-за отсутствия атмосферы, рассеивающей свет, с поверхности Меркурия вполне можно увидеть звезды, если заслонить Солнце. Звезда, которая поднимется вместе с Солнцем, зайдет еще до того, как Солнце достигнет меридиана, и снова поднимется из-за горизонта раньше, чем Солнце успеет сесть. Самыми яркими «звездами», конечно, окажутся Венера и Земля.

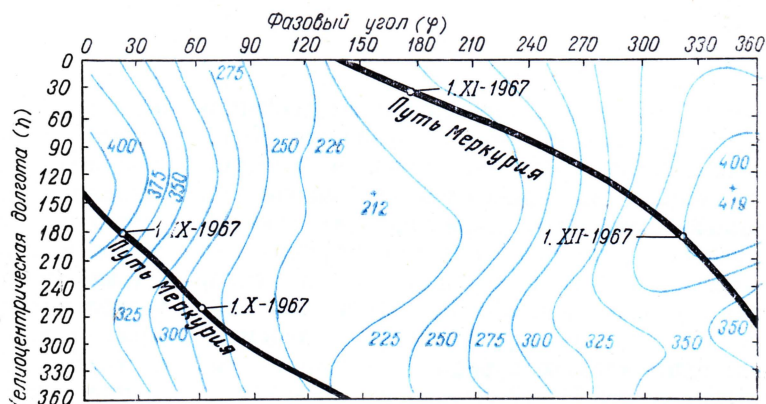
Пусть теперь наблюдатель сместится по экватору на 90° . Для него Солнце будет маленьким и относительно быстро перемещающимся в полдень. Но он увидит странные явления при восходе и заходе светила. Большое по размерам Солнце поднимется из-за горизонта почти полностью, затем остановится и спрячется обратно, но не целиком. Наконец оно поднимется «всерьез», ускоряя темп своего бега по пути к меридиану. На заходе Солнце, почти зайдя за горизонт, поднимется, чтобы сказать «до свидания» и затем опустится окончательно. Будет ли меркурианин, живущий в этом месте, удивляться тому, что к востоку и западу от него на расстоянии 4000 км лежат благословенные земли, где Солнце стоит еще близко к полудню, или он будет считать себя счастливым, ибо Солнце специально потрудились, чтобы попрощаться с ним при заходе? (И насколько интересен был бы разговор между двумя жителями Меркурия, удаленными на 90° по долготе друг от друга, когда они стали бы сравнивать свои представления о Вселенной!)

Видимое движение Солнца по небу Меркурия может быть представлено известной птолемеевой схемой. Весьма возможно, что на Меркурии оказалось бы гораздо труднее опровергнуть птолемеевскую систему мира с ее эпициклами, чем это удалось Копернику на Земле.

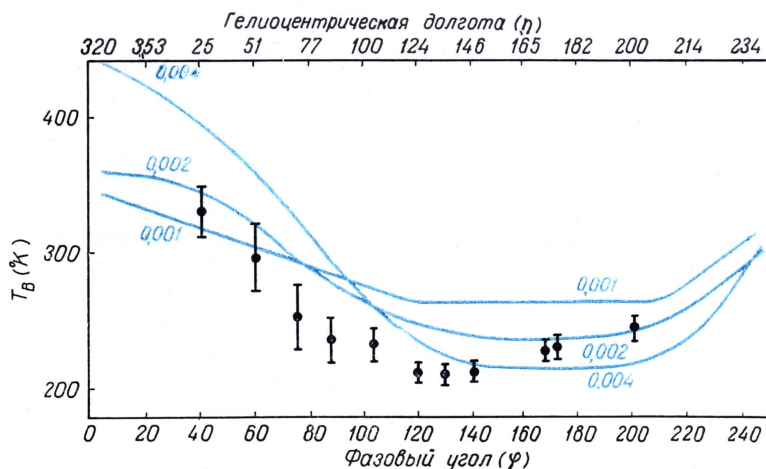
Температура на Меркурии определяется нагревом поверхности планеты Солнцем во время его запутанного «танца» по меркурианскому небу. На долготах, промежуточных между теми, которые мы рассматривали, движение Солнца будет еще сложнее. Например, на долготе, смещенной на 60° от меридиана, где Солнце бывает над головой, когда планета проходит перигелий, в течение меркурианского дня имеются два максимума температуры: один в полдень, когда Солнце находится прямо над головой, и другой, когда дневное светило расположено в 60° от зенита, поскольку



РАДИОТЕМПЕРАТУРЫ на волне 2 см, рассчитанные на большой цифровой вычислительной машине путем решения задачи о теплопроводности в подповерхностном материале Меркурия. Предсказанные температуры в функции времени можно прочитать на графике, зная фазовый угол и гелиоцентрическую долготу Меркурия (пояснения приведены вверху). Тепловой параметр принимался равным $0,002 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{сек}^{1/2}$.



НАБЛЮДАЕМЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ Меркурия на волне 2 см, полученные в Национальной радиоастрономической обсерватории (США); здесь же приведены среднеквадратичные ошибки. Три кривые — предвычисленные температуры для трех значений теплового параметра; наилучшее согласие с наблюдениями достигается при значении теплового параметра $0,002 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{сек}^{1/2}$.

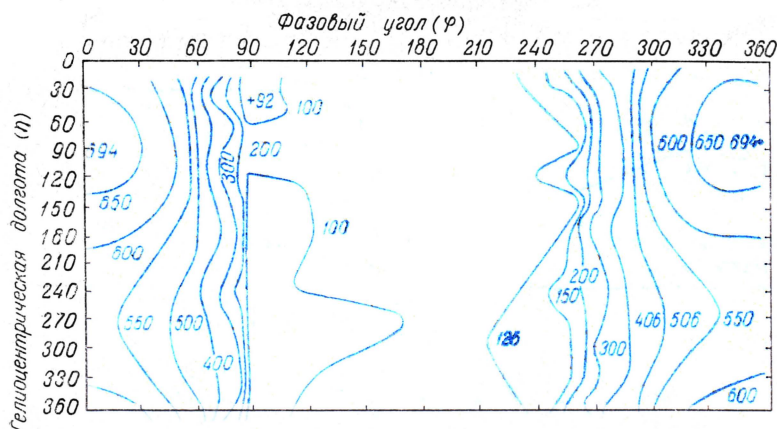


Меркурий тогда оказывается ближе всего к Солнцу. В этой области Меркурия Солнце, когда оно поднимается над горизонтом лишь на 30° , будет греть сильнее, чем когда оно окажется в зените.

Та часть солнечного излучения, которая не отражается от поверхности планеты, будет поглощаться и нагревать подповерхностные слои. Когда мы наблюдаем Меркурий в ра-

диодиапазоне, мы принимаем смешанное излучение многих подповерхностных слоев — и близких к поверхности, и лежащих довольно глубоко. Чем больше длина волны, на которой наблюдается планета, тем с большей глубины идет к нам излучение.

Мы решили задачу о теплопроводности, затем усреднили решение по диску Меркурия и предсказали, какие температуры в функции



ТЕМПЕРАТУРА ПОВЕРХНОСТИ
 Меркурия меняется примерно от 100 до 700° К. Графики дают температуру в центре диска, рассчитанную вычислительной машиной по значениям теплопроводности вещества планеты. Никаких измерений минимальной температуры пока нет, но верхний предел 150° К получается из инфракрасных наблюдений. При расчетах тепловой параметр предполагался равным $0,002 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{сек}^{1/2}$

времени будут наблюдаться радиотелескопом с Земли. Результаты этих расчетов для длины волны 2 см и определенного значения теплового параметра приведены на диаграмме. Тепловой параметр характеризует степень легкости, с которой меняется температура поверхности при изменении потока тепла. Видимые (наблюдаемые) температуры поверхности даны в функции двух переменных, применяемых в радиоастрономии, — гелиоцентрической долготы и фазового угла. Гелиоцентрическая долгота определяет положение Меркурия на его орбите вокруг Солнца; фазовый угол — это угол между Солнцем и Землей, если смотреть с Меркурия; он измеряет долю освещенного диска Меркурия при наблюдении с Земли.

Еще на одной диаграмме показаны результаты аналогичных расчетов для трех значений теплового параметра, а также значения температуры Меркурия, которые наблюдались М. А. Кафтан-Казимом и К. Келлерманом на Национальной радиообсерватории в Грин Банке. Кривая для теплового параметра, равного $0,002 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{сек}^{1/2}$, удовлетворительно согласуется с наблюдениями. Теоретические значения были рассчитаны для частного, но правдоподобного выбора параметров электрических свойств подповерхностных слоев Меркурия. Результат интересен, поскольку Луна имеет тепловой параметр, близкий к тому, который мы вывели для Меркурия. Это еще раз указывает на сходство между Меркурием и Луной. Другие черты сходства выявляются при измерении характеристик радиолокационных отражений от Меркурия.

Тем же путем могут быть рассчитаны поверхностные температуры вблизи экватора Меркурия. Когда Меркурий полностью освещен (фазовый угол равен нулю), температура близ его центра равна почти 700° К, а слугия

половину меркурианского дня температура падает на 600°; разность дневных и ночных температур исключительно велика. Эти предсказанные низкие температуры поверхности ночью согласуются с инфракрасными измерениями, выполненными Б. Мюрреем (США). Однако температурные условия на глубине нескольких дециметров гораздо мягче. Таким образом, в то время как температура поверхности на экваторе Меркурия кажется совершенно непригодной для жизни, на глубине нескольких десятков сантиметров это уже не так. Впрочем, нельзя предполагать, что солнечный свет проникает на такую глубину, так что не стоит фантазировать о наличии там каких-либо форм фотосинтеза. На более высоких широтах температурные условия должны быть мягче, колебания температуры — не такими большими, а средние температуры — не очень отличающимися от земных. Но даже здесь поверхность будет опаляться ультрафиолетовыми лучами и бомбардироваться солнечными протонами. Вот почему нет надежды на встречу с жителями Меркурия, обсуждающими систему мира.

Наши знания о Меркурии пока находятся в стадии младенчества. И просто поразительно, как много мы уже узнали о такой далекой от нас планете. Вот почему столь важны исследования Меркурия космическими аппаратами, и многие астрономы-планетологи, вероятно, были бы готовы на большие жертвы для запуска корабля, который подошел бы близко к планете и смог бы получить отличные фотографии ее поверхности, исследовать кратеры, измерить высоты рельефа, поискать следы атмосферы и т. д. Для существующих ныне ракетных систем Меркурий

вряд ли достижим. Однако есть привлекательная возможность «перепрыгнуть» от Венеры к Меркурию, используя относительно недорогую и небольшую ракетную систему. При подлете достаточно близко к Венере на точно выбранной высоте и в точно рассчитанный момент времени поле тяготения Венеры отклонило бы космический корабль на правиль-

ный путь к Меркурию. Подобный «прыжок на качелях» от Венеры к Меркурию осуществим в 1970 и 1973 г., а затем окажется невозможным вплоть до 80-х годов нашего столетия. Таким путем удалось бы исследовать с достаточно близкого расстояния одну из самых загадочных и самых поучительных планет солнечной системы.

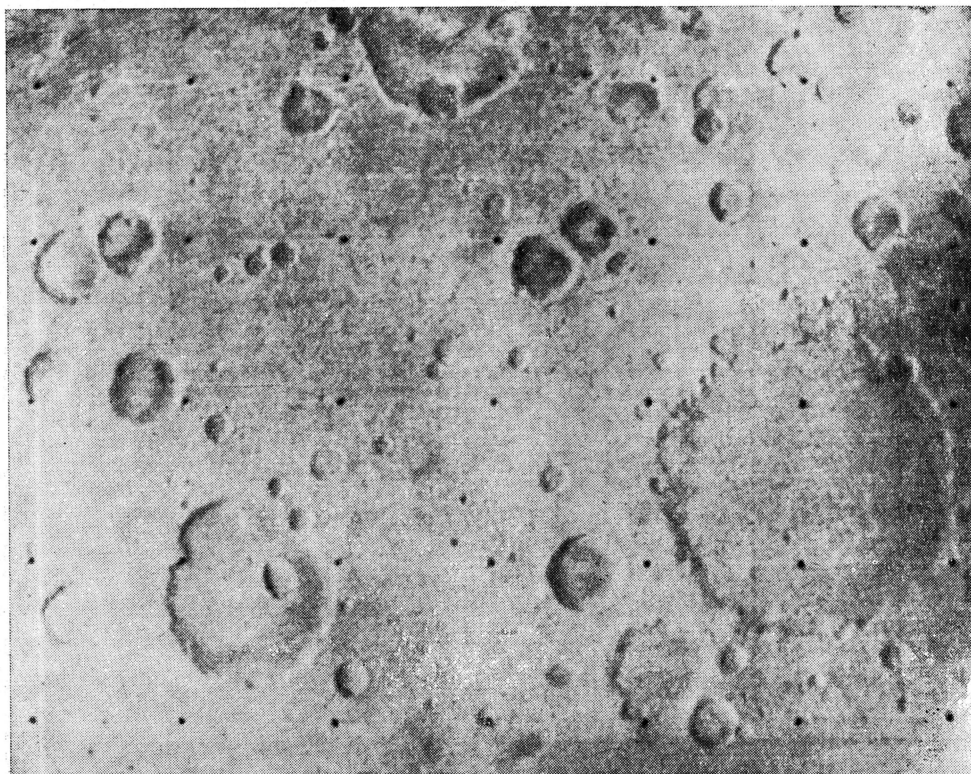


МАРС ПЕРЕД ОБЪЕКТИВАМИ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ КАМЕР

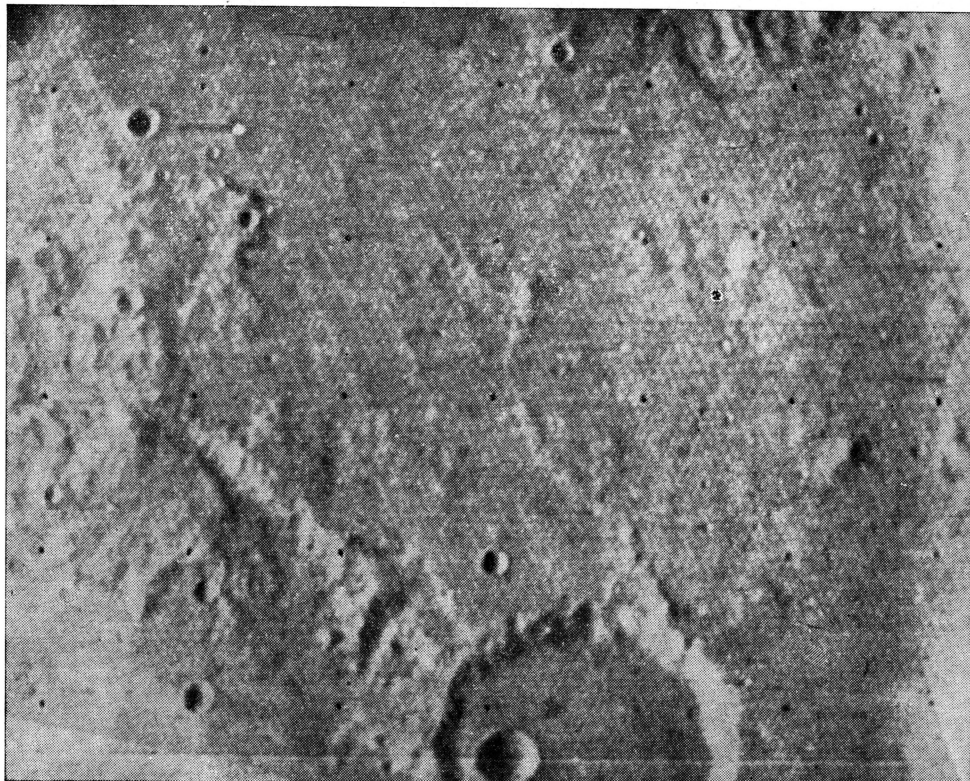
Траектория полета станции «Маринер-6» была выбрана такой, чтобы ее длиннофокусная и широкоугольная камеры, ее спектрометры, работавшие в ультра-

фиолетовом и инфракрасном диапазонах волн, а также другие приборы, могли собрать данные о «географии» и климате в экваториальных пустынных районах

Марса и в его «темных» областях с их, как полагали некоторые ученые, каналами и растительностью. Длиннофокусная камера «Маринера-6» оказалась способной различать участки местности размерами всего с футбольный стадион. Другими словами, она смогла бы различать не только марсианские каналы, но и развалины амфитеатров, замков, пира-



СНИМОК ЮЖНОЙ ЭКВАТОРИАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ МАРСА, полученный американским космическим аппаратом «Маринер-6»



ПРИМЕНЕНИЕ КАМЕРЫ С ТЕЛЕОБЪЕКТИВОМ позволило получить разрешение на снимках в 10 раз лучше, чем на снимках, сделанных «Маринером-4» в 1965 г. На этой фотографии разрешение составляет доли километра

миды и другие архитектурные сооружения, если бы они попали в поле зрения. Камеры и приборы «Маринера-7» были ориентированы на южную полярную шапку планеты и районы севернее ее, считавшиеся особенно богатыми марсианскими каналами и растительностью.

30 июля «Маринер-6» прошел вблизи Марса, зашел за него и затем вышел на орбиту вокруг Солнца. 4 августа тот же путь проделал и «Маринер-7», с той разницей, что он прошел несколько южнее.

За время приближения обеих станций к Марсу их камеры передали на Землю 200 снимков, охватывающих в общей сложности около 2,5% поверхности планеты. Из них более полусотни были сделаны в моменты прохождения станций на наиболее близком от Марса расстоянии.

Фотографии, полученные с «Маринера-6», не отличались боль-

шой контрастностью. Фотографии, полученные с «Маринера-7», отличаются хорошей контрастностью и обилием деталей, ранее неизвестных.

Предполагается, что камеры станции «Маринер-7» работали при температуре на 5—6° выше, чем камеры на борту станции «Маринер-6».

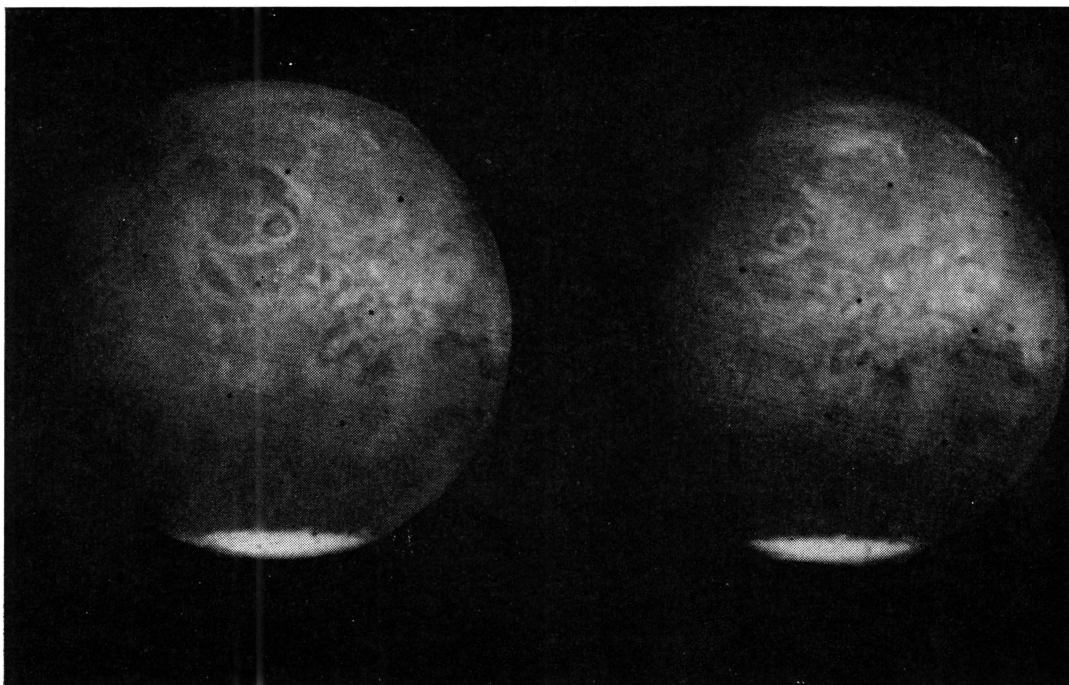
Исследования, проведенные на автоматических станциях «Маринер-6» и «Маринер-7» показали, что атмосфера Марса состоит на 90% из углекислого газа с давлением у поверхности в 6—7 мбар, что сравнимо с давлением в земной атмосфере на высоте около 35 км. На переданных этими станциями телевизионных изображениях планеты не обнаруживаются облака, но, по данным «Маринера-7», в атмосфере на высоте 15—30 км существует «слой» дымки толщиной 15—20 км, аналогичный существующему в земной атмосфере, однако

более разреженный. Измерения температуры, проведенные двумя различными приборами — инфракрасным спектрометром и инфракрасным радиометром, — показали, что температура полярной шапки Марса даже вблизи самого полюса лишь чуть ниже точки замерзания углекислоты.

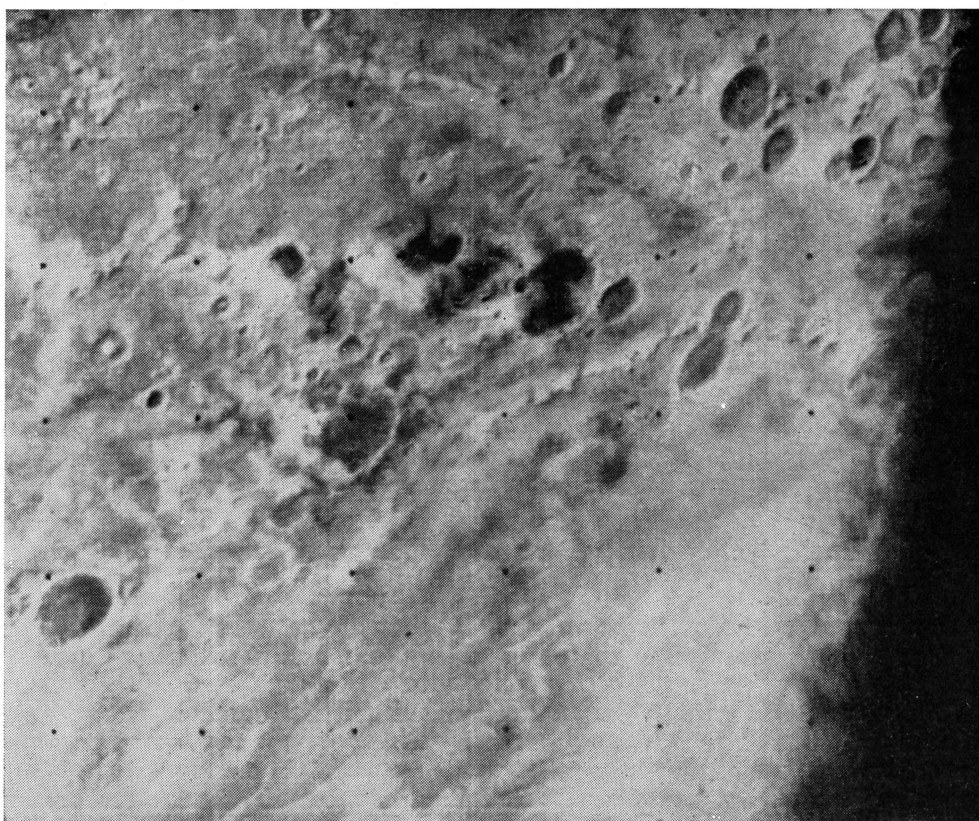
Полярная шапка на переданных изображениях представляется состоящей из почти однородного снежного покрова толщиной «во много футов», иногда несколько размытой, что может быть связано с существованием облаков, иногда покрытой кратерами.

Наиболее распространены и типичны для поверхности планеты области, покрытые кратерами, несколько отличающимися от лунных, по-видимому, вследствие эрозионных процессов.

Отмечается существование областей, лишенных деталей. Возможно, что кратеры в этих обла-



Фотографии Марса, полученные американским космическим аппаратом «Маринер-7»: наверху — с расстояния 471 750 и 452 100 км от поверхности планеты, интервал между экспозициями 47 минут; внизу — южная полярная шапка. В правой части нижнего снимка можно рассмотреть как бы отпечаток гигантской подошвы. Некоторые американские ученые шутливо заявляют, что это единственное доказательство жизни на Марсе.



Летчик-космонавт СССР ПАВЕЛ ИВАНОВИЧ БЕЛЯЕВ



10 января 1970 г. после тяжелой болезни скончался прославленный летчик-космонавт СССР, талантливый испытатель космических кораблей, один из первых покорителей космоса, Герой Советского Союза, полковник, коммунист Павел Иванович Беляев.

В марте 1965 г. П. И. Беляев на корабле «Восход-2» в качестве командира экипажа совершил космический полет. Во время полета он успешно руководил первым в мире выходом человека в открытый космос.

Полет советского корабля «Восход-2» открыл новую, исключительно важную страницу в истории освоения космического пространства и приумножил космическую славу Советского Союза. Этот подвиг, с которым неразрывно связано имя Павла Ивановича Беляева, навсегда войдет в историю науки и техники.

стях засыпаны сыпучим веществом, переносимым ветром. Обнаружено существование «хаотических» областей, покрытых горными кряжами и неправильными небольшими долинами. В «хаотических» областях изменения температуры достигают 2° , в то время как по утверждению известного астрофизика Гвидо Мюнча, руководившего измерениями с инфракрасным радиометром, изменения температуры в пределах других типов областей не превосходят $0,2^\circ$.

По измерениям инфракрасного радиометра темные области на поверхности планеты теплее светлых, однако не получено ни-

каких указаний на причины сезонной волны потемнения. Марсианские каналы могут объясняться либо зрительным «объединением» темных «днищ» ударных кратеров, либо темными оплавленными пятнами, возможно образующимися при поверхностных сдвигах.

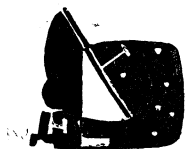
Не получено каких-либо данных, обнадеживающих ученых в существовании жизни на Марсе, однако нет и оснований считать, что на Марсе отсутствуют микробиологические формы жизни.

Окончательные результаты обработки материалов будут сообщены в конце весны.

Опыт полета станции «Мари-

нер-7» подтвердил, что хотя встреча космических аппаратов с метеорными частицами и маловероятна, она все же не исключена. Во всяком случае, «Мари-нер-7», по-видимому, встретился (3 августа) с мелкой метеорной частицей, в результате чего один из его резервуаров высокого давления оказался пробитым, 20 из 100 его телеметрических каналов практически были выведены из строя, аппарат временно потерял свою ориентировку, а скорость полета изменилась настолько, что автоматическая станция прошла около Марса примерно на 100 км ближе, чем предполагалось.

В. В. МИХАЙЛОВ



ТЕМНЫЕ ОБЛАСТИ НА МАРСЕ — ВОЗВЫШЕННОСТИ ИЛИ НИЗМЕННОСТИ?

Одна из важных задач при исследовании Марса — изучение топографии его поверхности. К сожалению, оптические наблюдения этой планеты не дают однозначного ответа на вопросы: есть ли на Марсе горные образования или низменности и что такое темные области — возвышения или впадины?

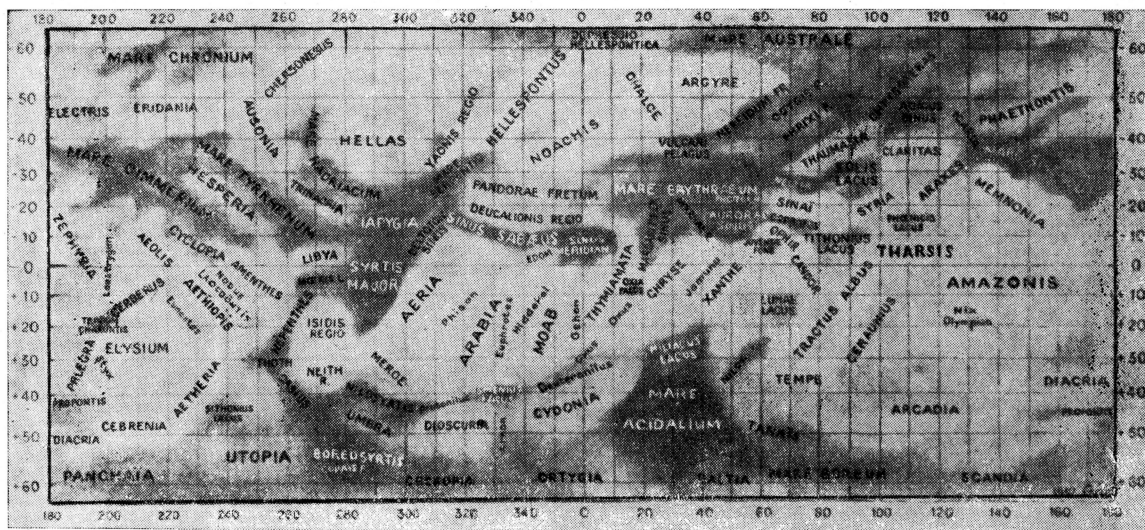
В последнее время в астрономии широко применяется радиолокационный метод исследования. Известно, что если планета облучается сигналом строго определенной частоты, то при приеме отраженного сигнала от вращающейся планеты будет наблюдаться вследствие эффекта Доплера уже спектр частот. Величина отраженного сигнала зависит от отражающих свойств поверхностного материала планеты, а момент прихода отраженного сигнала — от расстояния до ближайшей к локатору точки поверхности планеты (подлокаторная точка).

Анализируя результаты радиолокационных наблюдений Марса, проведенных на волне 12,5 см, К. Саган и другие (см. «Земля и Вселенная», № 1, 1968 г., стр. 38) сделали интересные выводы отно-

сительно топографии темных областей на Марсе. Было замечено, что отраженный сигнал бывает наибольшим тогда, когда через подлокаторную точку, или центр видимого диска планеты, проходят края темной области, а не ее середина. Более того, при подходе темной области к подлокаторной точке центр тяжести спектра отраженного сигнала смещался в сторону высоких частот, а при уходе — в сторону низких. Следовательно, по мнению авторов, темные области представляют собой возвышенности, которые плавно понижаются к светлым областям, причем крутизна склонов темных областей составляет несколько градусов. Тот факт, что наибольшее отражение наблюдалось при прохождении через центр видимого диска планеты краев темной области, объясняется тем, что отражение происходит от склонов возвышенности, которые занимали перпендикулярное положение к падающему лучу.

Проверить эту гипотезу можно непосредственно путем измерения расстояния до ближайшей точки поверхности Марса. А так как Марс быстро вращается, то

появляется возможность снять высотный профиль поверхности вдоль определенной широты. Эта задача решалась в эксперименте по радиолокации Марса, выполненном в США на волне 3,8 см («Astronomical Journal», 74, 461, 1969). Американские радиоастрономы Г. Петтенгил и другие получили высотный профиль поверхности Марса вдоль северной широты 21° . Полный перепад высот составил около 12 км, причем наблюдались не остроконечные пики или глубокие впадины, а плавное чередование обширных возвышенностей и низменностей. Непосредственное сравнение топографических вариаций с фотографической картой Марса показывает, что не существует прямой связи между ними и расположением темных и светлых областей на Марсе вдоль широты 21° . Так, наибольшее возвышение около 6,9 км над средним уровнем измерено для долготы 114° в светлой области Tharsis — Arcadia. Второе возвышение около 3,2 км располагается вблизи центра светлой области Elysium (216°). С другой стороны, большая топографическая депрессия измерена в светлой области Amazonis (понижение на 3,5 км относительно среднего уровня на долготе 163°). Не видно особых топографических деталей в районе темной области Trivium Chrontis (195°) и в районе наиболее заметной темной области Syr-



КАРТА МАРСА, составленная де Моттони. Расположение темных и светлых деталей вдоль северной широты 21° можно сравнить с высотным профилем поверхности Марса (см. следующий рисунок), полученным вдоль этой широты американскими радиоастрономами

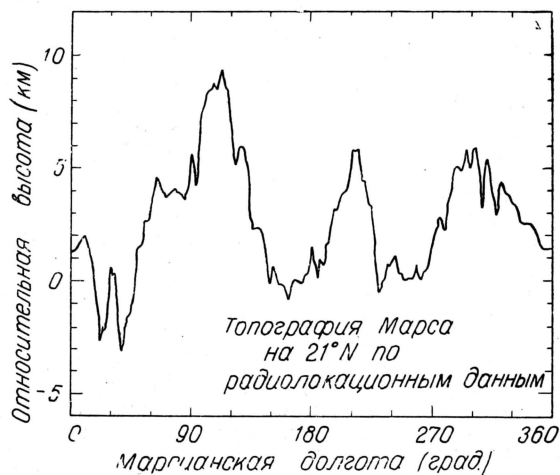
tis Major, которая достигает широты 21° на долготе 284° . Впадины между долготами 230° — 270° и между 20° — 40° могут быть связаны с южными краями Nodus Laocoontis и Mare Acidalium, соответственно. Обе эти области являются темными, и в них наблюдаются четкие сезонные изменения.

Таким образом, выводы, сделанные К. Саганом и другими, противостоят результатам радиолокационных наблюдений Марса, выполненных Г. Петтенгилом и

другими. Видимо, результаты наблюдений Марса во время его противостояния в 1969 г., а также предстоящее в 1971 г. великое противостояние позволят выяс-

нить топографическую структуру темных областей марсианской поверхности.

В. К. ГОЛОВКОВ



Космическая метеорология — это наглядный пример того, как достижения космической науки и техники уже находят широкое практическое применение. Об этом говорится в статье «Метеорологические спутники и служба погоды». Следующие две статьи «Глобальное фотографирование Земли» и «Океанография из космоса» свидетельствуют о том, как успехи космонавтики обогащают науки о Земле.

В. А. БУГАЕВ
академик АН УССР

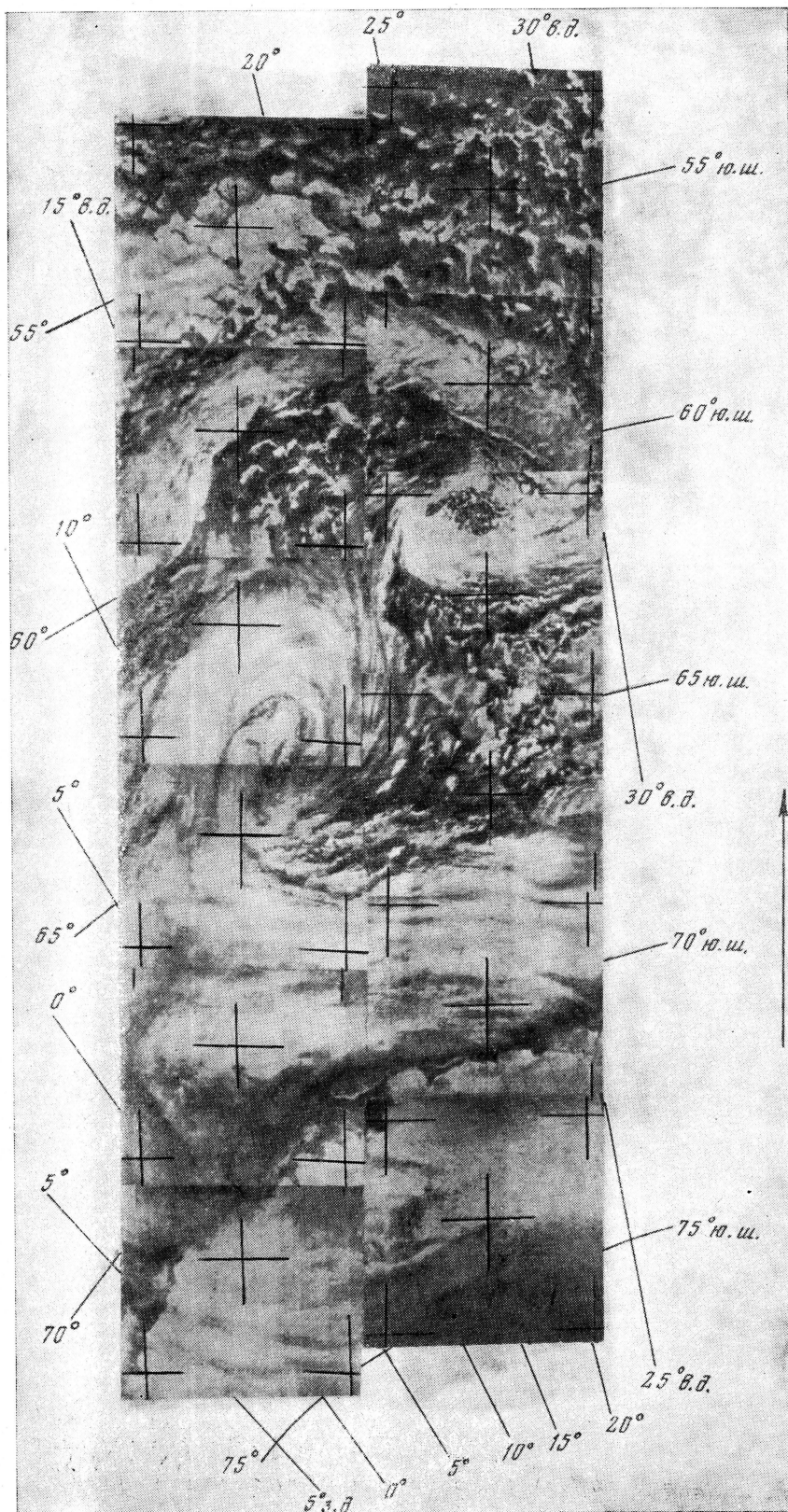
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ СПУТНИКИ И СЛУЖБА ПОГОДЫ

Можно смело утверждать, что за всю историю существования метеорологии еще не было такого мощного средства для наблюдения за погодой, как метеорологические спутники. Спутник, двигаясь по орбите, «видит» обширные пространства. Если наблюдения обычной метеорологической станции регистрируют погоду «в точке», то современный спутник в течение суток последовательно осматривает метеорологическую обстановку на всей Земле. Сейчас от «пристального глаза» спутника не может укрыться ни один тропический ураган, ни один опасный циклон. Необозримые просторы Мирового океана не являются уже той таинственной областью, где неожиданно зарождаются тайфуны, или в которой скрыты непредвиденные опасности для мореплавания.

Уместно вспомнить работу Советской Антарктической экспедиции в период Международного Геофизического Года. Экспедиционная работа в Южном океане и на материке, дальние перелеты над неизученными пространствами требуют постоянного метеорологического обеспечения. Что можно было сказать тогда (1957—1958 гг.) о штормовых циклонах, часто надвигавшихся на побережье Восточной Антарктиды с океана? Метеорологи южно-полярной обсерватории Мирный ви-

дели лишь угрожающее падение давления на барограмме, отмечали нарастание штормового ветра, знали о беспокойном состоянии верхних слоев тропосферы. Но откуда собирался нагрянуть этот незнакомый пришелец, на какое время и насколько он был опасен — никто, конечно, не знал. Теперь же все эти трудности позади: спутники отвечают на такие вопросы, спутники предупреждают.

Первое, что получила служба погоды от спутников — это действительно полную глобальную информацию о состоянии погоды. Но служба погоды требует оперативных данных. Любая метеорологическая информация, в том числе и со спутников, должна за короткий промежуток времени попадать в метеорологические центры. Для этого, помимо спутников, существуют сети командно-приемных пунктов на Земле. Спутник запоминает с помощью магнитофонов всю информацию, которую собирает за один виток; проходя над приемным пунктом или в зоне радиовидимости, он по команде с Земли или по заданной программе передает накопленный материал. Последний немедленно обрабатывается специальными электронными устройствами и быстродействующими вычислительными машинами. Пункты приема спутниковой информации и метеороло-



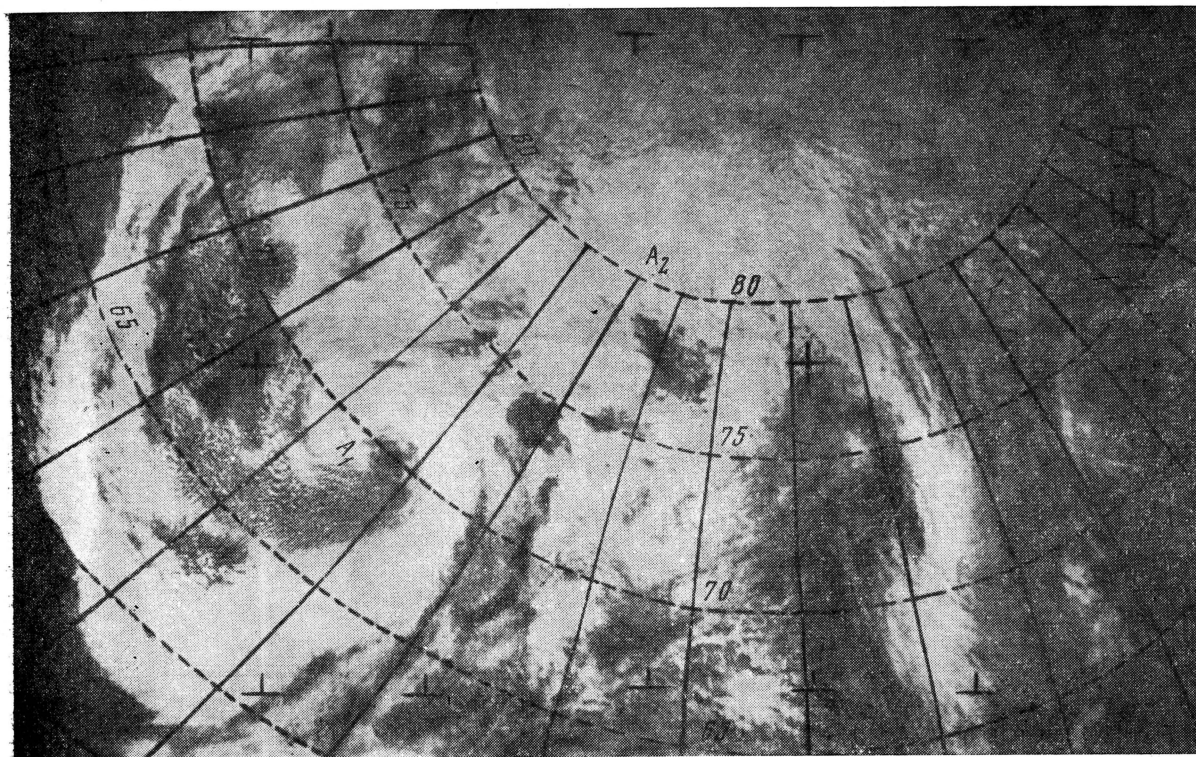
ТЕЛЕВИЗИОННАЯ фотография циклона, приближающегося к Земле Королевы Мод в Антарктиде (район метеорологической станции Новолазаревская). В нижней части снимка видна неровная ледяная граница материка Антарктиды. К северу от побережья расположен характерный вихрь облаков с вращением по часовой стрелке, как это свойственно циклонам южного полушария. Справа — второй вихрь, имеющий широкую полосу облаков в виде крючка. С севера над теплой океанической поверхностью развивается облачность. Снимок получен с советского спутника «Метеор-1» 28 марта 1969 г.

тические центры связаны между собой надежными, обладающими большой пропускной способностью каналами связи. Каждая метеорологическая космическая система оснащена средствами связи и обработки наблюдений в глобальных масштабах.

Современные спутники имеют также устройства для непосредственной передачи изображений. Что это означает? Система непосредственной передачи изображений работает без запоминания на борту спутника. Пролетая, например, над Москвой или вблизи ее, спутник передает телевизионное изображение облачного покрова. Эти изображения со-

храняют всю свежесть, всю актуальность текущего момента и для метеоролога-прогнозиста, и для пилота, ведущего самолет. Трудно переоценить значение таких сведений для текущей информации, для прогнозирования на сутки вперед или на менее длительные интервалы времени.

Спутниковая информация в первые годы ее зарождения относилась только к облачному покрову Земли, который прослеживался с помощью телевизионных камер. Но в настоящее время информация стала довольно разнообразной. Появилась возможность получить изображения в инфракрасном свете и ночью,



ТЕЛЕВИЗИОННОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ ЦИКЛОНИЧЕСКИХ ВИХРЕЙ В АРКТИКЕ, полученное с американского спутника «ЭССА-8» 13 августа 1969 г. Изображение состоит из двух снимков, сделанных над Арктическим бассейном. Они охватывают значительную часть советского сектора Арктики и северные широты Европы и Сибири. Видны два очень крупных облачных вихря, соответствующих двум развитым циклонам. Вихри вращаются против часовой стрелки, как это свойственно циклонам северного полушария. Центры циклонов находятся в точках A_1 и A_2 . Левый снимок с циклоном A_1 сделан в полуденные часы, и на нем облачные образования выделяются в виде ярких белых полос и точек. В просветах между облаками лежит темная земная поверхность или открытый океан. Облачная полоса западного циклона представляет неотъемлемую часть атмосферного фронта или фронтальной зоны, которая отделяет две различные воздушные массы, два различных характера погоды. К югу и юго-востоку от фронта находится относительно теплый воздух, а за фронтом, к северу от него, или, иначе говоря, в тылу циклона, продвигается на юг холодный воздух из Арктики. В уплотнениях фронтальной зоны (возле 65 параллели и на 20° в.д.) возможно образование подвижных циклонов, иногда сопровождающихся штормовой погодой

и днем, а также многочисленные радиационные измерения в различных участках спектра. Им принадлежит большое будущее.

Метеорологи, изучавшие физические явления в атмосфере, знали, конечно, немало о том, что делается в воздушной оболочке земного шара и до появления метеорологических спутников. Однако взгляд на погоду из космоса, измерения, которые можно производить со спутника, существенно обогатили наши знания. Это легче всего показать на примерах использования снимков облачных полей.

Облачные вихри, отражающие движение воздуха в циклонах умеренных и высоких широт, служат источником богатой информации об условиях неспокойной погоды в этих местах Земли. Изображения облачных полей, полученные со спутника, требуются метеорологически расшифровать, прочесть погоду как у Земли, так и в слоях, где развивается облачность. Эту расшифровку научились делать не сразу. Необходимо было провести огромную научно-исследовательскую работу, чтобы найти различные связи между формами облачных полей и состоянием атмосферы, ее движением, будущими изменениями. В частности, для этих целей нужно было создать новую классификацию облачности в соответствии с тем, что мы видим из космоса. Дело в том, что индивидуальные облака или их детали, видимые с Земли, не фиксируются спутником из-за большого расстояния спутника от земной поверхности. Советские спутники системы «Метеор» обращаются вокруг Земли на высоте 600 км. Разрешающая сила их телевизионных камер 1,25 км (этому расстоянию соответствует изображение точки на телевизионном снимке). Американские спутники системы «ЭССА» летают на высоте 1400 км и, естественно, имеют еще меньшую разрешающую силу (около 3 км). На изображениях облачности, полученных со спутников вследствие большого поля зрения (500×500 км у «Метеора» и 3000×3000 км у «ЭССА»), различаются те важные формы облачного покрова, которые невозможно увидеть с Земли. Помимо циклонических вихрей и фронтальных зон (а это наиболее важные элементы атмосферной циркуляции с точки зрения прогнозиста-синоптика) обнаружили и многие другие особенности. Так, было установлено, что кучевые облака различных форм, кажущиеся с земли беспорядочно разбросанными, чаще всего организованы в облачные гряды, ориентированные определенным образом по отношению к ветру.

В верхней тропосфере на высоте 9—12 км

при определенных условиях образуются так называемые струйные течения. Они представляют собой мощные потоки воздуха со скоростями до 50—100 м/сек, имеющие в поперечном сечении 200—500 км. С точки зрения динамики атмосферы струйные течения представляют большой интерес, так как в них происходят интенсивные преобразования энергии, чреватые резкими изменениями в погоде. Не меньшую важность они имеют для метеорологического обеспечения безопасности полетов.

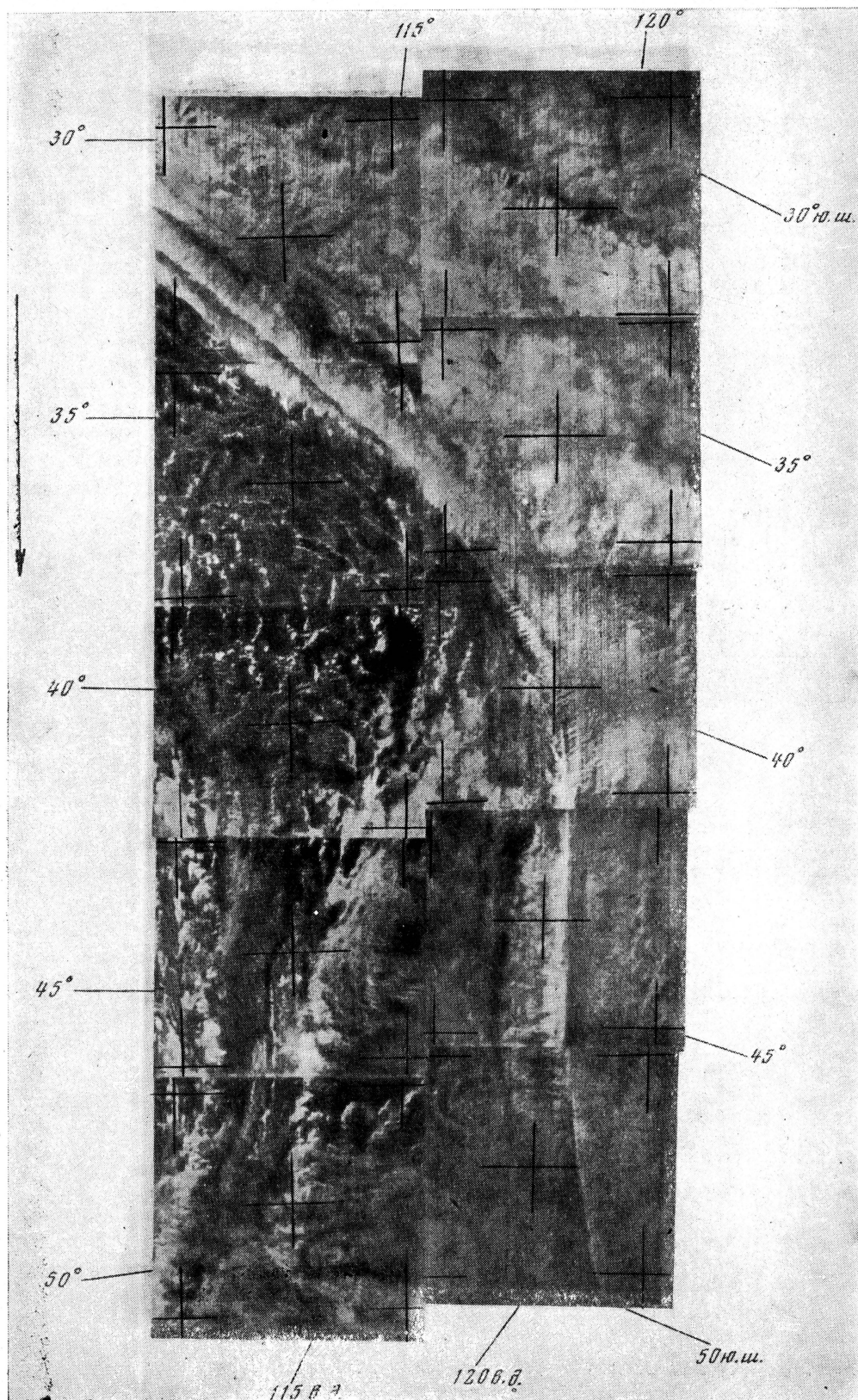
Струйные течения обнаруживаются аэрологическими зондированиями атмосферы. А если зондирование не производится, то по особым формам облаков, по широкой и длинной тени, которую они отбрасывают, на спутниковых фотографиях распознается положение струйных течений. Важно, что изображение объекта восстанавливается не по отдельным далеко отстоящим точкам зондирования, а в виде непрерывного рисунка.

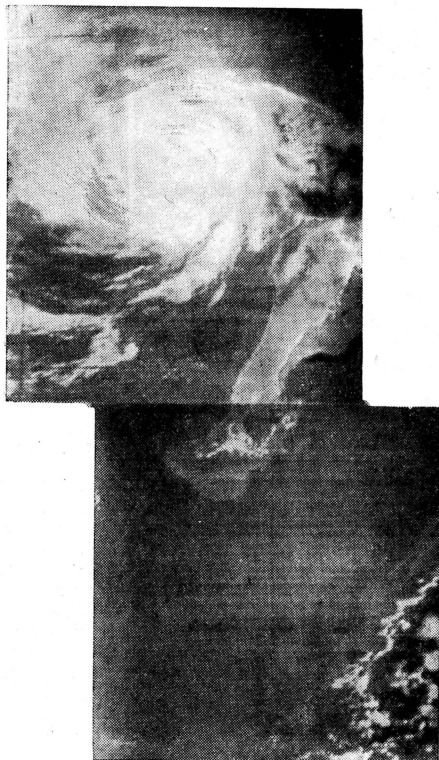
Среди других многочисленных объектов облачных полей упомянем еще два. Над океаническими просторами тропических и умеренных широт ежедневно обнаруживаются области, покрытые конвективными ячейками. Ячейки в поперечнике достигают 100 км. Ячейки называются открытыми, если их границы обрисовываются мощными кучевыми облаками, а внутри ячеек безоблачно, ясно. В других случаях центральные части ячеек закрыты облаками и лишь на краях видны просветы.

Эти ранее не знакомые формы облачных полей, имеющие, однако, широкое распространение, заставили развить теорию ячейковой конвекции. Данный вид конвекции связан с особыми условиями состояния атмосферы в подоблачном слое (устойчивое или неустойчивое) и, конечно, с общим синоптическим положением, или, иными словами, с формами циркуляции атмосферы на больших пространствах. Естественно, все эти сведения чрезвычайно ценны для анализа синоптических метеорологических карт.

В последнее время внимание многих ученых привлекают облачные скопления, образующиеся в экваториальной зоне там, где встре-

СИЛЬНОЕ СТРУЙНОЕ ТЕЧЕНИЕ в южном полушарии отмечается резкой границей высокой облачности (правый край и верхняя часть снимка). Слева между параллелями 35° и 40° — типичный пример открытых конвективных ячеек. Снимок сделан спутником «Метеор-1» 19 июня 1969 г.





ТАЙФУН ФЛОРЕНС над Калифорнией

чаются северо-восточные пассаты северного полушария с юго-восточными пассатами южного (линия внутритропической конвергенции). Облачные скопления имеют размеры от нескольких десятков до 200—300 км, состоят из мощных кучевых облаков и распространяются в высоту до 15—18 км. Большие запасы тепла и влаги от океана и увлажненной земной поверхности, сконденсированные в облачных скоплениях, переносятся в верхние слои атмосферы. Отсюда с воздушными течениями они поступают в умеренные широты земного шара. Сопоставление с приземными наблюдениями убеждает нас в том, что облачные скопления располагаются вблизи линии внутритропической конвергенции. Существование этих важных атмосферных образований нельзя было бы обнаружить без спутников.

Телевизионные изображения облачного покрова днем и фотографии в инфракрасных лучах ночью непосредственно используются при анализе карт погоды. Спутниковая информация как бы объединяет и систематизирует метеорологические наблюдения в отдельных точках на поверхности Земли. Деталь-

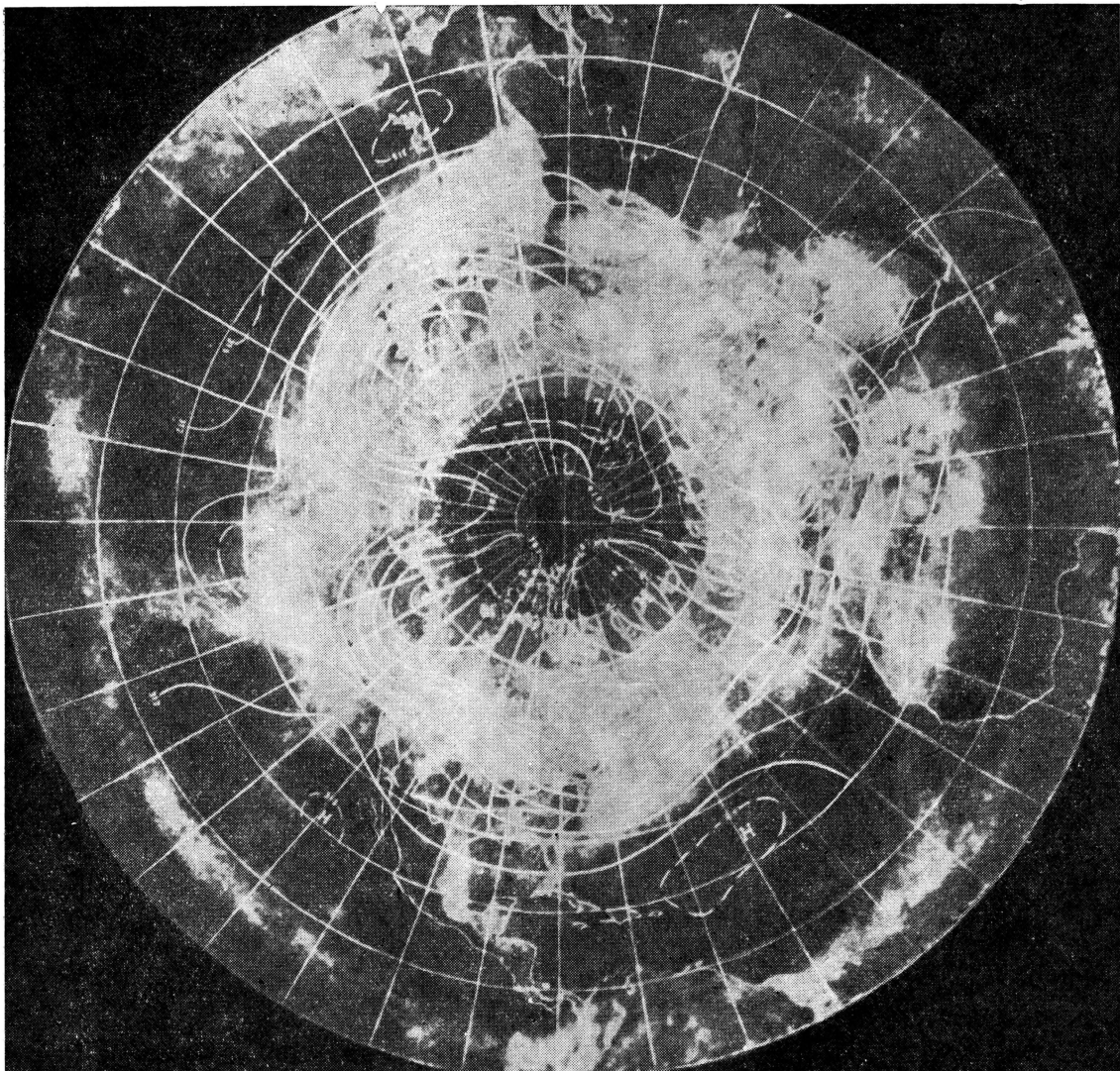
ные данные с метеорологических станций и обобщенные картины при взгляде из космоса дополняют друг друга, повышая надежность анализа и прогноза погоды. Где наземных наблюдений мало или совсем нет, спутниковая информация — единственное средство для работы прогнозистов.

Пожалуй, лучшим примером эффективности этой информации служат предупреждения о тропических циклонах, ураганах или тайфунах. Из космоса они выглядят совершенно специфически. Это — плотная облачная масса круглой формы, сравнительно небольшого диаметра (200—300 км). К ней примыкают спирально закрученные облачные полосы и гряды, подчеркивающие энергичное вращение воздуха в тропическом циклоне. В центре зрелого циклона появляется темное круглое пятно 20—30 км в диаметре — «глаз бури», воронка в быстро вращающейся массе воздуха. Моделью глаза бури может служить воронка в стакане чая, образующаяся при помешивании ложечкой. В глазе бури возникает самое низкое давление и происходит всасывание воздуха, сопровождающееся его нагреванием. В результате этого устанавливается ясная погода.

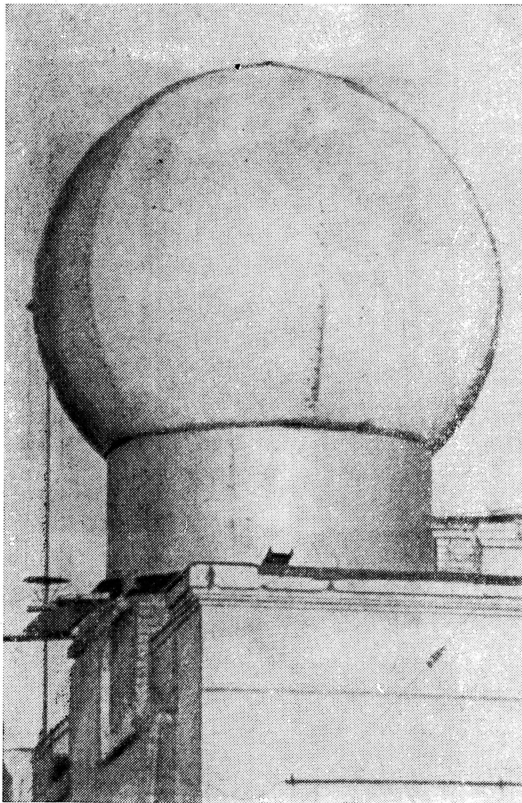
Разумеется, каждый тропический циклон, ураган (или тайфун, как его называют на Дальнем Востоке) обладает своими индивидуальными особенностями и нет двух абсолютно похожих объектов, однако фотографии из космоса позволяют выделить четыре класса тропических циклонов. Для каждого из классов были найдены связи между типом циклона, его диаметром и максимальной силой ветра в нем. Служба погоды широко использует эти полезные соотношения.

Подобно тропическим ураганам, нет двух абсолютно сходных циклонов умеренных и высоких широт. В известном смысле это хорошо: по внешнему виду можно группировать и классифицировать циклоны, определять стадии их развития, судить о том, усиливается или разрушается циклон и, в соответствии с этим, делать заключения о погоде, сопровождающей каждый вид циклона, и о будущем ее развитии. Картина облачного покрова позволяет восстановить поле давления в циклоне и (с определенной точностью) ветер.

Исследовательская работа во всех этих направлениях ведется уже ряд лет, принося новые плоды. Особенно результативным становится изучение и прогнозирование мезометеорологических процессов или локальных явлений, когда удастся сочетать данные из



ОБЛАЧНЫЙ ПОКРОВ НАД СЕВЕРНЫМ ПОЛУШАРИЕМ за период с 30 декабря 1968 г. по 13 января 1969 г. Тонкие белые линии — средние изогипсы изобарической поверхности 700 мбар за первую половину января 1969 г. Они обрисовывают циклонические области, обозначенные буквой L, и антициклонические, обозначенные буквой H. Наиболее светлые места соответствуют областям с облачной погодой. Параллели проведены через 10°. Темный круг севернее 60-й параллели обозначает область полярной ночи, откуда телевизионных изображений нет. Далее к югу до 30-й, а кое-где и до 20-й параллели (например, над севером Африки и Аравией, над Южно-Китайским морем) виден облачный покров, местами плотный. В средних широтах развита циклоническая деятельность. Южнее 30-й до 10-й параллели преобладает зона ясной погоды. Здесь располагается кольцо субтропических антициклонов. Между экватором и 10-й параллелью почти всюду видно светлое кольцо неравномерной плотности. Это — облачные скопления возле линии внутритропической конвергенции. Снимок получен с американского спутника «ЭССА-7»



МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ РАДИОЛОКАТОР, установленный на здании Гидрометцентра СССР

космоса с наземными наблюдениями. В последние год — полтора в Москве и Ленинграде передаются по радио предупреждения о резких изменениях погоды (ливень, гроза, шквал), которые наступят через 2—3 часа в какой-либо части города. Как показала практика, эффективность этих предупреждений высока, и в ближайшие годы они будут выпускаться и в других местах Советского Союза. Путем непосредственной передачи изображений с «Метеора-1» Гидрометцентр СССР получает срочную и очень детальную информацию об облачности на пространстве в 1000 км шириной и 1,5—2 тыс. км длиной. Изображения детальны и ясны потому, что передача со спутника ведется непосредственно, без перезаписи на магнитофоны для запоминания. Таким образом, в руках прогнозистов оказывается текущая генеральная метеорологическая ситуация на сравнительно большом пространстве. Прогнозист видит области с беспокойной погодой. Если такая область беспокойствия (гроза, фронтальные зоны) находится, допустим, в 100—200 км от Моск-

вы, радиолокатор начинает проследивать направление и скорость смещения этой области. Метеорологический радиолокатор показывает с большой точностью не только распределение облачных масс, но и их вертикальную структуру.

Процесс получения изображений облачности со спутников можно представить себе таким же, как возникновение кадра на телевизионном экране. Кадр разбивается на строки, а каждая строка — на точки, следовательно, каждой точке соответствует свой электрический импульс, величину которого можно измерить. Это обстоятельство позволяет записать все импульсы в памяти электронно-вычислительной машины. Так как географические координаты спутника и его проекции на поверхность Земли для каждого момента времени известны, то каждому электрическому импульсу должны соответствовать географические координаты той точки, от которой он получен. В память ЭВМ вводится разложенное на отдельные импульсы (с их координатами) полное изображение облачного покрова всей Земли (или отдельно для северного или южного полушария) за один день. Собирав аналогичные данные за несколько дней, можно получить объективное изображение средних условий облачности на полушарии.

Так информация со спутника выявляет новые черты климатологии облачного покрова.

Наблюдения со спутников за солнечной радиацией позволили составить различные радиационные карты, которые используются при синоптическом анализе и прогнозе.

Часто возникает вопрос, в какой степени спутниковые наблюдения в состоянии заменить обычные метеорологические и аэрологические наблюдения? Мы видели, что главная ценность метеорологических спутников до сих пор заключалась в том, что они приносят совершенно новую, очень полезную информацию и обеспечивают глобальные наблюдения, столь необходимые для службы погоды. Однако дальнейшее развитие теории спутниковых наблюдений и измерительных приборов открывает новые возможности. Главная роль здесь будет принадлежать спектрометрическим измерениям и использованию наблюдений за тепловым радиоизлучением Земли. Открываются перспективы для температурного зондирования атмосферы, для измерения влагосодержания атмосферы, для измерения вертикального распределения озона и т. д. Эта новая и обширная область спутниковой метеорологии требует отдельного обзора.



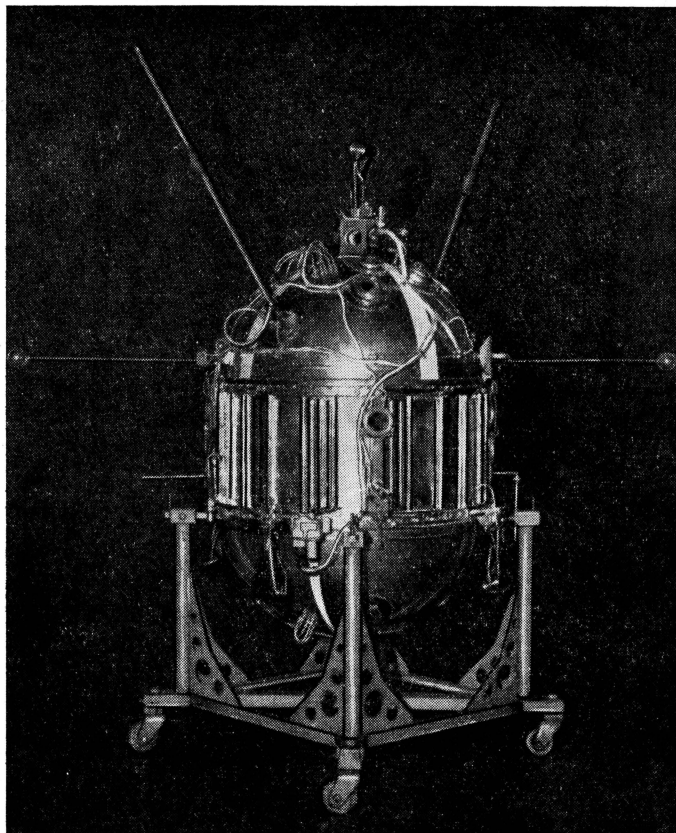
НА ОРБИТЕ «КОСМОС-300»

23 сентября 1969 г. встал на вахту очередной «труженик науки» из семейства «Космос». Его порядковый номер — 300! Это событие заслуживает того, чтобы быть отмеченным как своеобразный юбилей. А в каждый юбилей уместно оглянуться назад и подвести некоторые итоги.

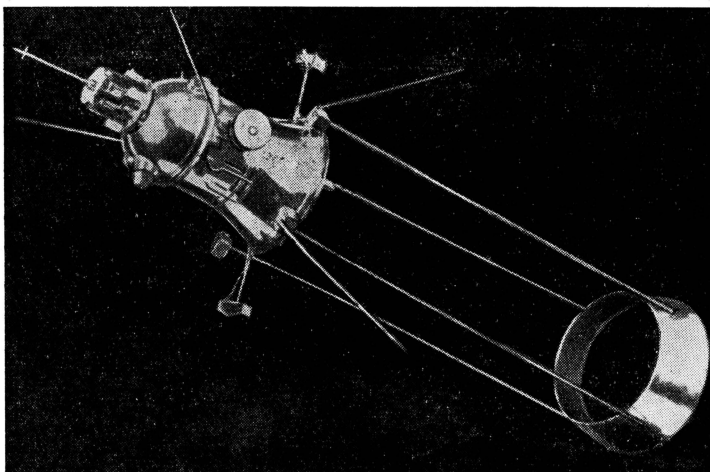
«Космос-1» начал свой полет 16 марта 1962 г. В 1962—1963 гг. было запущено 24 спутника, в 1964—1965 гг. — уже 79, в 1966—1967 гг. — 95. За последние полтора года выведено на орбиту свыше ста «Космосов». Приведенные цифры свидетельствуют о том, что темпы запусков планомерно и неуклонно нарастают. В немалой степени этому способствовало успешное решение нашими инженерами и конструкторами трудной задачи по созданию универсального спутника. Вернее, было создано несколько модификаций унифицированного спутника, каждая из которых решает определенную группу однородных или близких по характеру научно-исследовательских задач. При переходе от одной модификации к другой сохраняется максимальная преемственность конструкции. Это позволило организовать серийное производство спутников, что значительно снизило их стоимость, а следовательно, и стоимость космических исследований.

Диапазон практических, научных и научно-технических задач, решаемых с помощью спутников серии «Космос», широк и разнообразен. Можно смело утверждать, что их «взором» охвачена Земля и околоземное пространство. Метеорологические спутники «Космос» давали нам первые сведения о состоянии облачного покрова, о распределении снега и льда на земной поверхности — сведения, на основании которых составлялся прогноз погоды.

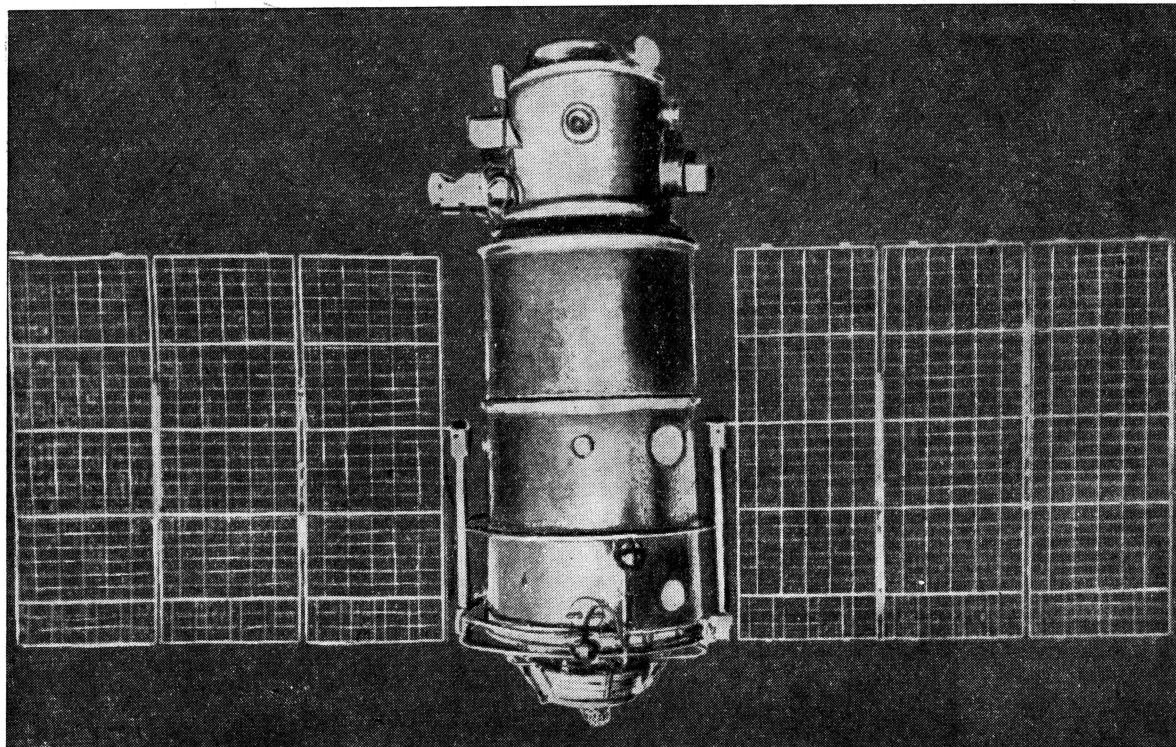
С помощью спутника «Космос-243», на борту которого был помещен портативный радиотелескоп, впервые в мире осуществлен глобальный эксперимент по при-



«КОСМОС», предназначенный для исследования ионосферы



СПУТНИК «КОСМОС-149». На нем проводилась отработка системы аэрогироскопической ориентации и стабилизации



СПУТНИК «КОСМОС»

ему теплового радиоизлучения Земли и атмосферы. Полученные данные позволили создать карту ледовой обстановки в Антарктиде, определить температуру поверхности океана и составить карту распределения влаги в атмосфере.

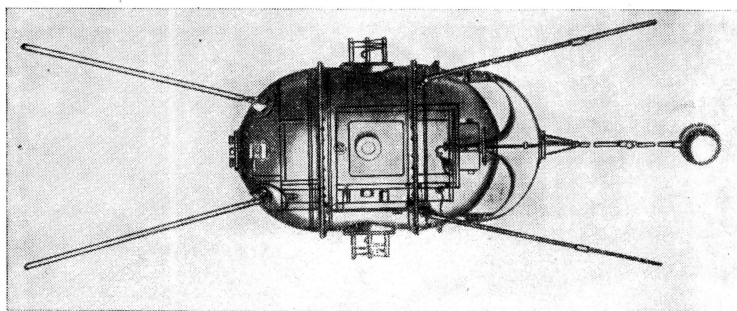
«Космосы» исследовали ионосферу, геомагнитное поле и действие радиации на живые организмы, водоросли, семена различных растений.

Спутники «Космос-166» и «Космос-230» несли «солнечный дозор», исследовали рентгеновское излучение нашего светила. В результате была получена ценная информация о деятельности Солнца, которая может быть использована для прогнозирования солнечных вспышек. «Космосы» открыли новые широкие возможности и для астрономов: на «Космосе-215» впервые была выведена за пределы атмосферы астроно-

мическая обсерватория с восемью телескопами для изучения спектра горячих звезд в различных диапазонах длин волн — от видимой части спектра до ультрафиолетовой, и аппаратурой для регистрации солнечного излучения, рассеянного в верхней атмосфере. Исследовалась водородная оболочка нашей планеты, которая простирается на десятки тысяч километров от Земли.

На «Космосах» впервые проводились многие уникальные эксперименты по использованию научной аппаратуры и отработке новых технических средств. Впервые испытывались сверхпроводящие устройства в условиях космического пространства и проверялась работа молекулярного генератора. Был впервые проведен уникальный эксперимент по автоматической стыковке сначала спутников «Космос-186» и «Космос-188» а затем «Космос-212» и «Космос-213».

Это краткий и далеко не полный перечень задач, решаемых «Космосами». Несомненно, они осваивают еще новые специальности и будут долго служить людям.
П. И. ЛЯГИН



СПУТНИК «КОСМОС» с установленным на нем магнитометром. Спутники «Космос-26» и «Космос-49», оборудованные такими магнитометрами, провели магнитную съемку 75% земной поверхности

Б. В. ВИНОГРАДОВ
профессор

ГЛОБАЛЬНОЕ ФОТОГРАФИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ

Как только были получены локальные телевизионные изображения с первых метеорологических искусственных спутников Земли, ученые сразу же попытались составить мозаичный «портрет» всей нашей планеты.

В 1960 г. на основе фотомонтажа локальных телевизионных изображений, поступивших со спутника «Тайрос-IV», было создано первое полное изображение земного шара.

В последующие годы появилось так много локальных телевизионных изображений почти всей площади земного шара, что возникла проблема обработки, а также хранения и поиска этой информации. Монтажи телевизионных изображений со спутников позволили в целом создать «космический образ» нашей планеты и получить ряд новых глобальных данных, как например, степень покрытия Земли облачностью и распределение облачного покрова.

Однако любые монтажи локальных изображений (а сильно уменьшенные в особенности) обладают рядом существенных недостатков по сравнению с единичным изображением. На монтаже искажается масштаб перекрывающихся изображений. Рисунки монтируемых изображений из-за различной масштабности часто не совпадают. Фотографическое воспроизведение монтажа, к сожалению, не стабильно. Изображения отдельных кадров принимаются в различных условиях. На отдельных участках встречаются помехи. Изображение на монтаже освещено, как правило, неравномерно. Монтируемые изображения неодинакового тона имеют резкие границы. Возникла трудность хранения и приема глобальной информации, состоящей из множества отдельных локальных изображений. Поэтому уменьшенные монтажи локальных изображений по сравнению с единичным изображением обладают низким

дешифровочным качеством. Эти монтажи трудно использовать для решения глобальных вопросов.

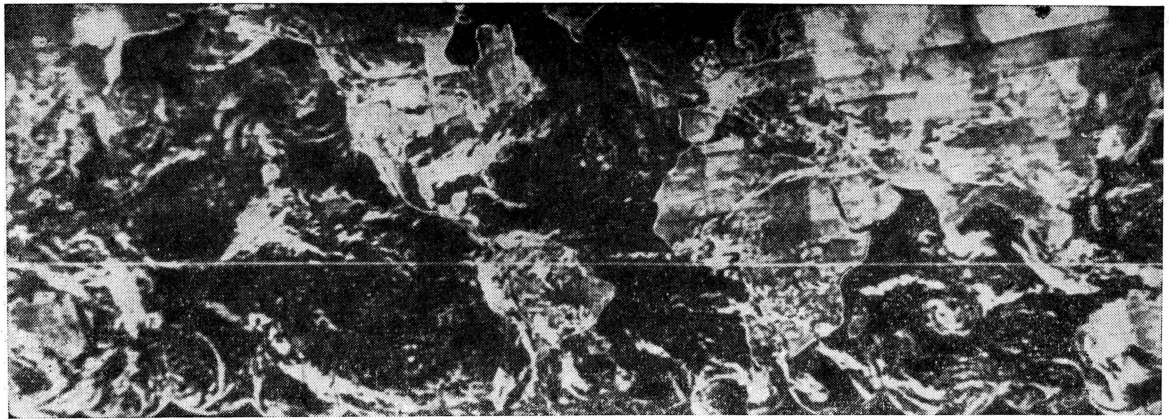
Естественно, большой интерес вызвал проект использования искусственных спутников Земли, космических кораблей и автоматических станций для получения единого глобального изображения земной поверхности.

Глобальные снимки Земли — это сверхмелкомасштабные фотографии и телевизионные изображения всего освещенного диска земного шара от горизонта до горизонта или от дневного горизонта до терминатора. Глобальные съемки производятся с очень больших, но не бесконечно больших высот, поэтому телевизионная камера не охватывает целиком всего полушария Земли. Глобальная фотография дает возможное изображение большей части полушария с высоты, равной не менее полутора-двум диаметрам земного шара, т. е. с высоты не более 18 000—25 000 км.

Размер полезного глобального изображения земного шара несколько меньше (по крайней мере на 10°), чем теоретическое изображение, о котором говорилось выше. Это объясняется тем, что на границах видимого диска Земли изображение слишком искажено перспективой и оптическим влиянием атмосферы.

Начиная с 1966 г. глобальные снимки земного шара были получены с советских автоматических станций «Зонд-5» и «Зонд-7», искусственного спутника Земли «Молния-1», а также с американских космических кораблей серии «Аполлон» и стационарных спутников Земли «АТС».

Первые глобальные телевизионные изображения Земли с высот 18 000—29 000 км были получены с искусственного спутника «Молния-1» 30 мая, 9 июня и 21—23 ноября 1966 г. Фотографирование всего земного



ГЛОБАЛЬНАЯ ФОТОСХЕМА локальных телевизионных изображений земного шара, полученных со спутника «Тайрос-IV». На фотографии зафиксировано распространение облачного покрова. Однако «прочитать» изображения поверхности Земли трудно: мешает мозаичность фотографического монтажа

шара проводилось широкоугольной камерой. Для съемки северной части восточного полушария использовалась узкоугольная камера.

На полученных изображениях были распознаны основные облачные образования и определены площади Земли с облачным покрытием. Кроме того, были получены первые цветные телевизионные изображения Земли из космоса. Этот эксперимент показал, что телевизионные изображения с высокоорбитальных спутников могут иметь значение для метеорологической интерпретации облачного покрова.

9 декабря 1966 г. с американского спутника «АТС-1» также было получено глобальное телевизионное изображение Земли. Этот спутник был выведен на экваториальную синхронную орбиту. Он находился на высоте 35 800 км и непрерывно прослеживал движение облачных масс и развитие штормов и циклонических образований над Тихим океаном. Кроме того, телевизионные изображения с ИСЗ «АТС» могут быть использованы также для анализа зон течений в пределах акватории Тихого океана.

5 ноября 1967 г. со спутника «АТС-3» удалось получить глобальное цветное телевизионное изображение. Со спутника передавалось изображение облачных систем над Атлантическим океаном, Северной и Южной Америкой и восточной частью Тихого океана. Эти сведения позволили составить синоптические карты для американского континента. На цветных изображениях различалось состояние растительного покрова и океанических водных масс.

Впервые оригинальные глобальные фотографии земного шара, доставленные на Землю в контейнере, были получены с автоматической станции «Зонд-5». Весьма интересны глобальные фотографии земного шара, доставленные «Зондом-7». Фотографирование производилось на цветную пленку 8 августа 1969 г. около 9 часов по московскому времени. Ось фотографирования была направлена на Каспийское море.

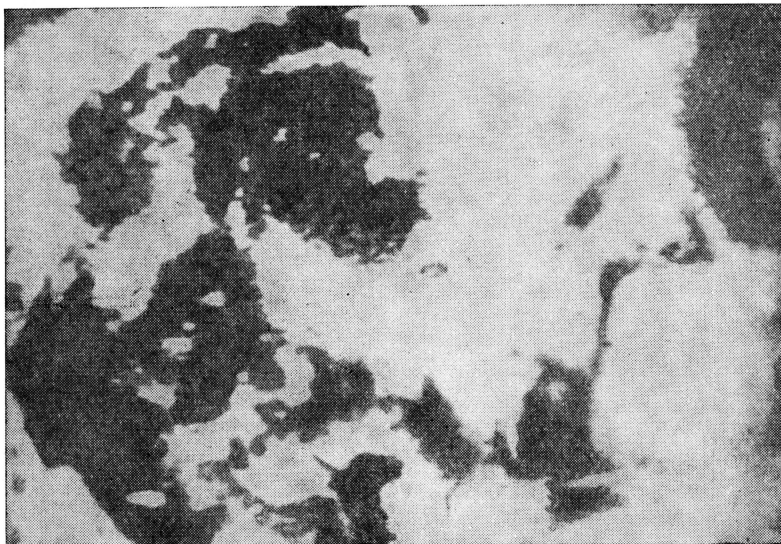
Выполнение и интерпретация глобальных снимков с высоких орбит имеет ряд технических и методологических преимуществ перед системами обычной съемки Земли со средних высот космическими кораблями и искусственными спутниками Земли. В последнем случае получают локальную информацию, а затем производят ее глобальный монтаж.

Глобальный снимок отличается большой (практически максимально возможной) площадью покрытия поверхности Земли на одном плановом изображении. Он позволяет получить одновременную информацию об отдельных территориях целого полушария. Высокая скорость сбора и преобразования информации в планетарном масштабе также является несомненным достоинством глобального снимка. Телевизионная информация быстро передается на приемные станции. При этом образуется обширная зона радиовидимости для непосредственной передачи телевизионного глобального изображения на наземные приемные станции. На глобальной фотографии нет мозаичности и отсутствует несопоставимость локальных изображений, возникающая при монтаже раз-

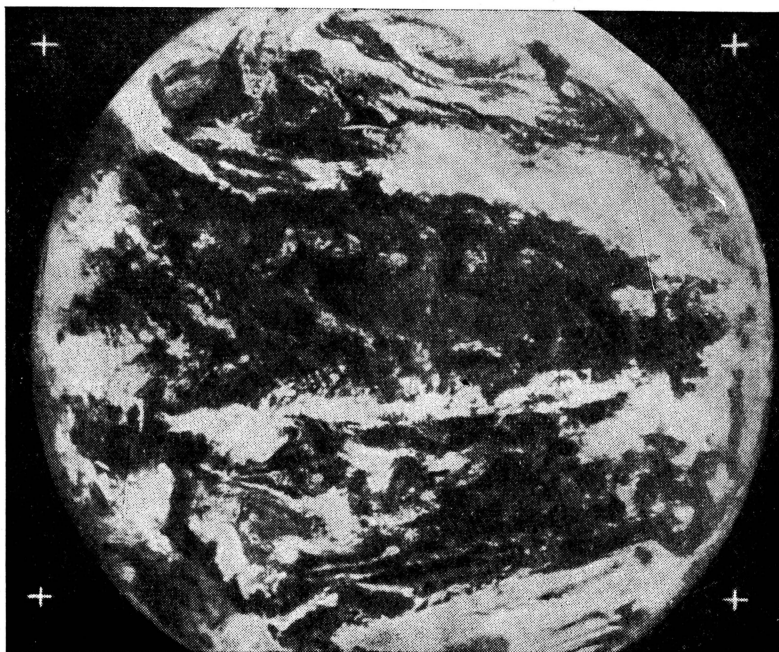
номасштабных и разнокачественных снимков. Глобальные фотографии лишены искажений, связанных с фотографическими и телевизионными помехами. На глобальной фотографии прослеживаются закономерные изменения геометрических и фотометрических характеристик.

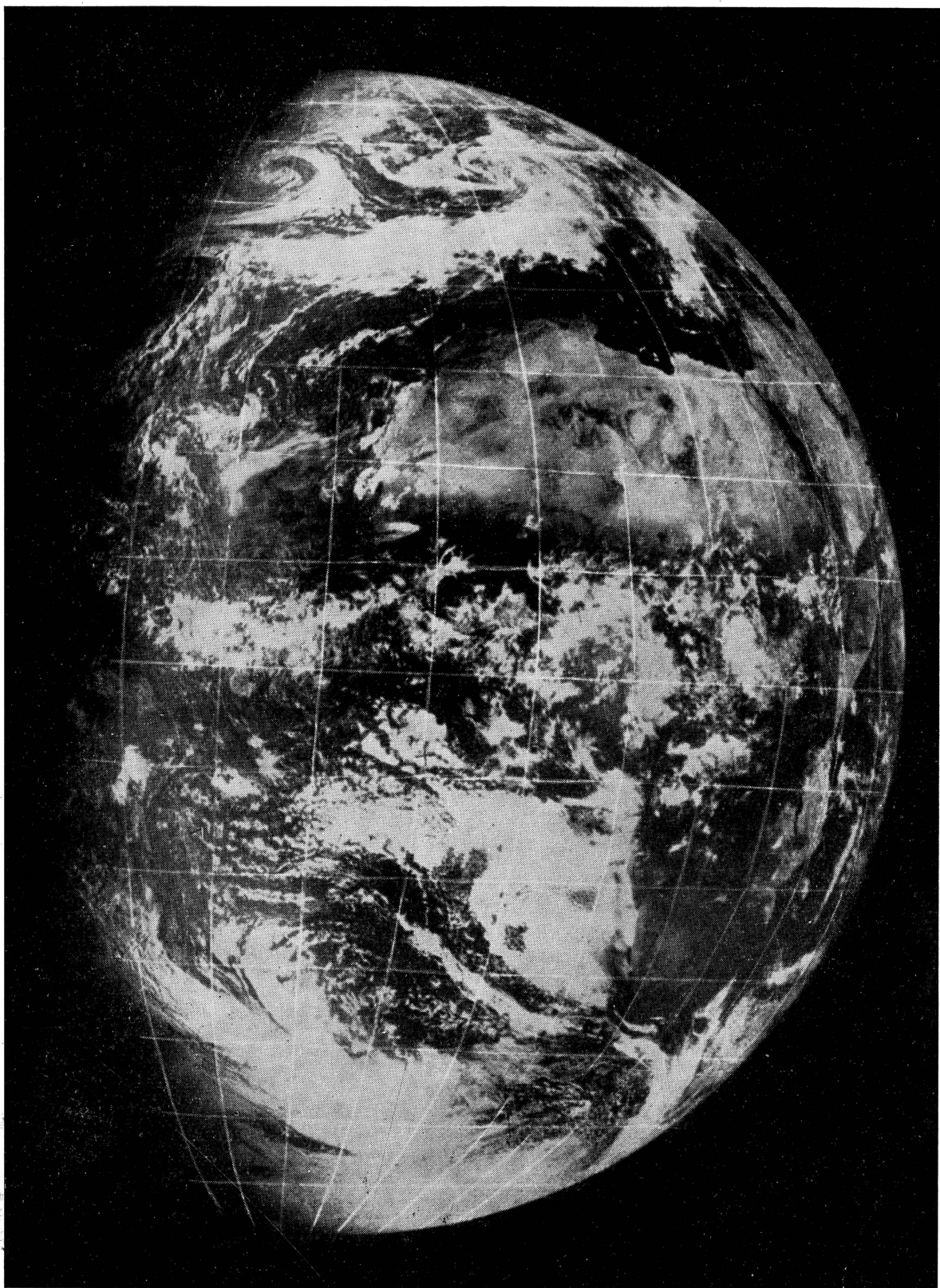
Но не надо думать, что глобальные изображения — это универсальная информация. Глобальной фотографии присущи некоторые особенности, которые затрудняют ее анализ. Так, сильная сферичность проекции затрудняет трансформацию сферического изображения в плоское (плановое). Неравномер-

ГЛОБАЛЬНОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ
Земли, полученное узкоугольной камерой со спутника «Молния-1» (высота 18 400 км). Видны основные облачные структуры над Европой, Западной и Центральной Сибирью и югом Азии

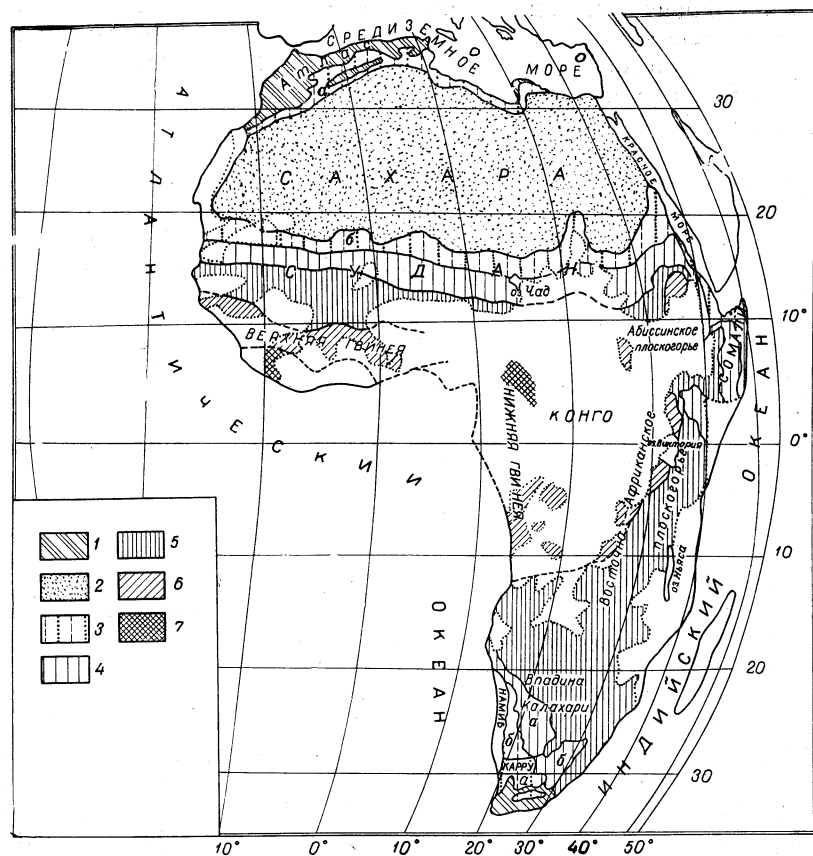


ГЛОБАЛЬНОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ
Земли, полученное спутником «АТС-1» с высоты 34 880 км. Видно распределение облачного покрова и основных циклонических структур над Тихим океаном. Заметна связь развития облачности с теплыми и холодными течениями





ГЛОБАЛЬНАЯ ФОТОГРАФИЯ ЗЕМЛИ, полученная с автоматической станции «Зонд-5» с высоты 90 000 км. Наглядный пример изображения ландшафтно-климатической зональности над Африкой и Атлантическим океаном



ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ШИРОТНОЙ ЛАНДШАФТНО-КЛИМАТИЧЕСКОЙ

зональности Африки по глобальной фотографии, помещенной на предыдущей странице: 1 — зона субтропических вечнозеленых лесов и кустарников. Эта зона безоблачна, заметны лишь отдельные кучевые облака. На космической фотографии деревья и кустарники изображаются вытянутыми пятнами темно-серого тона, повторяющими облик рельефа. Равнины и понижения дают мало контрастный фон серого тона; 2 — субтропические и тропические опустыненные степи и полупустыни отличаются от предыдущей зоны более светлым серым и светловато-серым менее контрастным изображением. Среди полупустынных равнин более темным тоном выделяются горы и возвышенности. Мелкие светло-серые вытянутые пятна — это солончаки и песчаные массивы; 3 — зона тропических пустынь наиболее физиономична — ровный темно-серый или серый тон дают каменистые и каменисто-песчаные плато. Пятнами ровного светловато-серого тона с резкими границами и компактными очертаниями выглядят крупные песчаные пустыни. Массивными темно-серыми и темными пятнами выделяются нагорья на фоне пустыни. Темным тоном прослеживаются речные долины, дельты и некоторые оазисы. Тропические полупустыни местами (особенно в приморской части) прикрыты полями кучевой облачности. Изображение отличается понижением тональных контрастов и более темным (светловато-серым) тоном. Различаются светло-серые тона песчаных массивов и темно-серые возвышенности; 4 — часть зоны, прикрытая перистыми и кучевыми облаками. Здесь преобладает серый тон с малой контрастностью изображения. На фоне сухой саванны заметны отдельные пыле-песчаные ветровые потоки; 5 — зона типичных саванн изображается ровным мало контрастным темновато-серым тоном; 6 — зона влажной саванны и саванновых тропических лесов большей частью покрыта мощной облачностью и просматривается лишь по окраинам и в разрывах облачного покрова ровным темным тоном (в северном полушарии), темно-серым (в южном). Граница влажной саванны весьма точно совпадает с распространением мощнокучевой облачности; 7 — зона влажных экваториальных лесов почти полностью покрыта мощной облачностью, в отдельных разрывах которой леса распознаются по наиболее интенсивному темному фону

ность освещенности земного шара, связанная с разной высотой Солнца в разных часовых поясах и на разных широтах северного и южного полушарий, усложняет сопоставление аналогичных объектов по тону изображения. Эти и некоторые другие особенности глобальных изображений могут быть учтены при стереофотограмметрической трансформации и фотометрической обработке.

Тем не менее глобальные изображения позволяют изучать наиболее крупные планетарные, зональные и региональные явления на нашей планете и их взаимосвязи.

Для глобальной интерпретации географических зон Африканского сектора земного шара послужили снимки, полученные автоматической станцией «Зонд-5». Интерпретировалась географическая широтная зональность в пределах Африканского сектора земного шара от терминатора (около 50° в. д.) до дневного горизонта (около 60° в. д.). Географические зоны распознавались как над сушей, так и над океаном.

Выделить географическую зону помогают тон и вид (текстура) фотографического изображения растительного и почвенного покрова, расположение и формы облачности, а также степень выраженности на фотографии геологических образований и рисунка гидрографической сети. На фотографии в пределах африканского континента выделено 7 географических зон.

В пределах акватории Атлантического океана широтная географическая зональность выражена по распределению облачности различного характера, хотя и не так детально, как на суше. Выделяются четыре широтные зоны.

Зоны субтропических теплых течений Гольфстрима и Бразильского заметны по массивным облачным структурам южной окраины циклонических циркуляций умеренных широт.

Тропическая пассатная зона в пределах холодного Канарского течения распознается по отдельным волокнистым структурам перистой и перисто-слоистой облачности. Такие формы прослеживаются от Иберийского полуострова до Зеленого мыса. В южном полушарии на соответствующих широтах холодное Бенгуальское течение отчетливо выделяется по сплошной тонкой слоистой и слоисто-кучевой облачности.

Тропическая зона в пределах Северного и Южного Экваториальных течений отмечается сравнительно слабым развитием облач-

ности. Зона экваториальной конвергенции четко выражена полосой мощнокучевой облачности.

Глобальные изображения могут быть использованы и для получения локальной информации. В качестве примера выделим на территории Западной и Центральной Сахары типы ландшафтов. За исходный материал примем увеличенное изображение Африки, полученное со станции «Зонд-5». В типы объединяются природные комплексы, сходные по основным процессам, формирующим ландшафт.

Результаты этой типологии нанесены на карту Африки (стр. 35).

Глобальная фотография и телевизионная съемка Земли имеют много преимуществ. Их интерпретация сочетает в себе как обзорность, так и детальность.

На глобальных фотографиях и телевизионных изображениях различаются основные черты крупных природных структур земного шара. При географической интерпретации такими зонами будут географические широтные зоны, географические области, страны и типы ландшафтов; отдаленные ландшафты-аналоги.

При метеорологической интерпретации различаются глобальное распределение и динамика облачных структур, соотношение метеорологических процессов над океанами и материками, наблюдение за движением циклонов и штормов.

При геологической интерпретации расшифровываются элементы геологических структур и планетарных разломов.

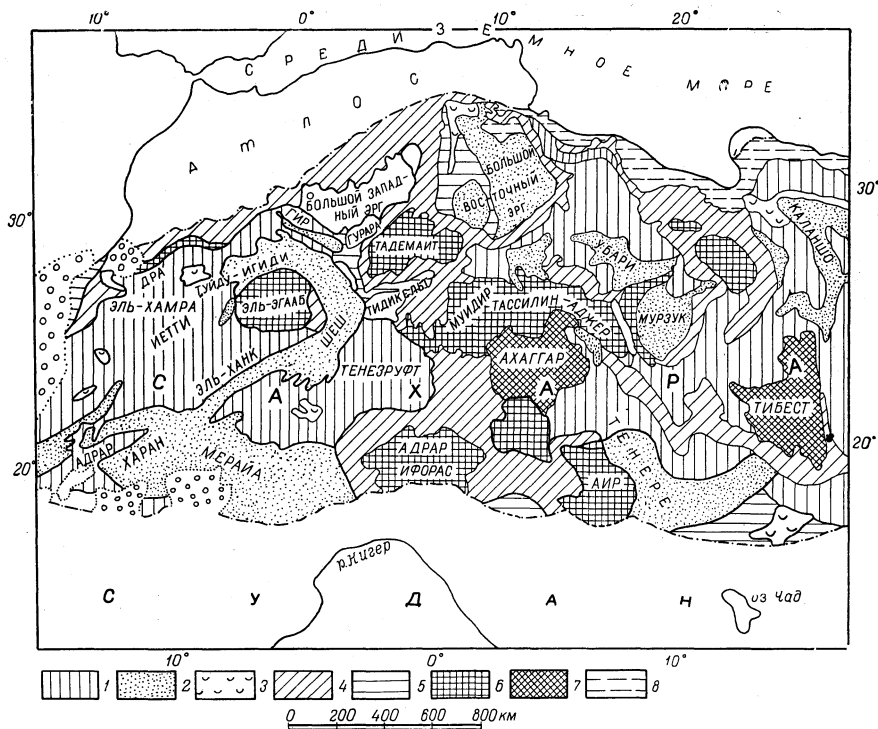
При геоморфологической интерпретации изучаются распределение различных типов рельефа, пути ветрового переноса.

Глобальные фотографии позволяют также производить геоботаническую, почвенную и океанологическую интерпретации.

Для регулярной глобальной съемки Земли могут быть использованы геосинхронные искусственные спутники Земли на высотах более 20 000—25 000 км (например, система из четырех экваториальных и двух полярных спутников). Особенно перспективно уст-



УВЕЛИЧЕННЫЙ ФРАГМЕНТ глобальной фотографии Земли, полученной с автоматической станции «Зонд-5». Центральная и Западная Сахара, горы Атлас. Четко различаются типы ландшафтов, геологические образования, типы макрорельефа. Местами заметны оазисы, долины, вادي и струи влекомого ветром песка



ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ТИПОВ ЛАНДШАФТОВ Центральной и Западной Сахары по фотографии Земли, полученной с автоматической станции «Зонд-5»: 1 — каменные равнины изображаются ровным или пятнистым темновато-серым тоном с достаточно резкими границами. Сухие долины — вадии распознаются по узким полоскам светлого тона. Наиболее темным тоном изображаются каменные пустыни «хаммады». Ровным серым тоном изображаются хаммады, сложенные из мела и известняка. Ровным серым, светло-серым тоном отличаются «сериры» — каменные пустыни с маломощным покровом, состоящим из продуктов выветривания горных пород. Светло-серым тоном также изображаются каменно-песчаные пустыни. На них заметно, как песчаные образования принимают направления господствующих ветров. Грядовые каменные пустыни (дадры, крэбы) отличаются серым и темновато-серым тоном с заметным изогнутым полосчатым рисунком; 2 — песчаные массивы изображаются ровным, совершенно однородным светло-серым тоном и дают компактные пятна с четкими границами. Наиболее ровным и светло-серым тоном изображаются массивы сплошных песков наносного происхождения (Эйден-Мурзук, Большой Западный и Большой Восточный Эрг). Более темным светловато-серым тоном изображаются маломощные пески, чередующиеся с песчано-глинистыми площадями. Песчаные гряды вытянуты по преобладающему направлению ветра; 3 — солончаково-глинистые депрессии, покрытые солевой корой и присолончаковыми песками, изображаются изолированными пятнами светлого и светло-серого тонов (себхи Мельрир, д'Инджилль, Мекерхан, Азель-Мати). Солончаковые депрессии с влажными поверхностями, как например шотт Джерид, отличаются мелкопятнистым светловато-серым тоном с резкой каемчатой окантовкой более светлого тона; 4 — наклонные равнины имеют на фотографиях серый тон, несколько темнее изображения следующего типа ландшафта; 5 — наносные аллювиальные равнины изображаются светло-серым тоном; 6 — низкогорья изображаются вытянутыми темнотами и серыми пятнами с резкими границами и заметной неоднородностью тона в пределах поля; 7 — среднегорья изображаются темным тоном с глубокорассеченной пятнистой структурой. Наиболее темными, почти черными, компактными пятнами изображаются самые крупные вершины; 8 — морские низменные равнины тянутся узкой полосой светловато-серого и серого тона, опоясывают морские побережья, прерываясь лишь темновато-серыми пятнами возвышенностей

ройство стационарной лаборатории на Луне с системой получения и передачи на Землю глобальных изображений земного шара в экваториальной плоскости. Кроме того, боль-

шое значение имеют все глобальные изображения Земли, получаемые с космических кораблей и автоматических станций, посылаемых в глубокий космос.

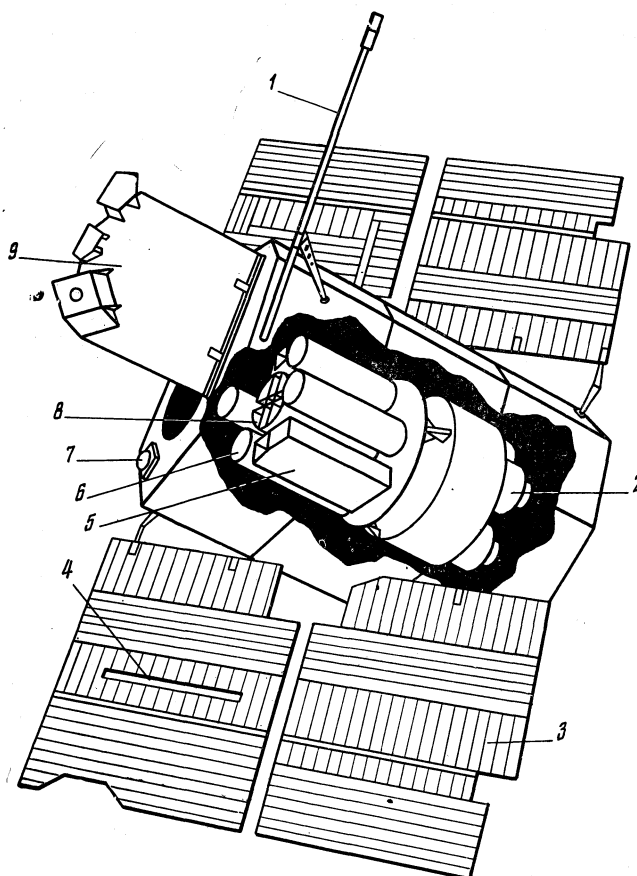


РОБОТ НА ОРБИТАЛЬНОЙ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

Человек или автомат? Когда более целесообразно использовать автоматические космические объекты, а когда для лучшего выполнения задачи в космос должны отправляться люди? При решении этого вопроса необходимо учитывать множество факторов, например, такой весьма неожиданный: «Не будет ли присутствие человека мешать работе научных приборов?» Главная роль человека на борту космического аппарата — делать то, что автоматика обеспечить не в силах, а также помогать автомату. Но иногда присутствие человека на борту может не помочь, а помешать автомату. С таким парадоксом столкнулись американские ученые. Сейчас в космосе работает автоматический спутник «ОАО-2» — орбитальная астрономическая обсерватория. Бортовые системы спутника, работающие по командам с Земли, обеспечивают наведение телескопов на выбранное светило с точностью $1 \pm 0,25$ угловой минуты и удерживание их в нужном положении в течение всего сеанса наблюдений, примерно 50 минут. В 1972 г. американцы планируют вывести на орбиту обитаемую орбитальную станцию с комплектом телескопов. Присутствие на борту квалифицированных космо-

навтов-астрономов качественно расширит возможности научных исследований по сравнению с автоматическим спутником «ОАО-2». Космонавты смогут проводить юстировку телескопов, выбирать объекты для наблюдений, фиксировать внимание на наиболее интересных явлениях. Но в то же время существует опасение, что космонавты помешают работе телескопов. Простое перемещение космонавтов по станции, находящейся в состоянии невесомости, может дестабилизировать станцию и «сбить наводку» телескопов. Насколько велика опасность такой дестабилизации, можно узнать только в результате летных экспериментов, поскольку на Земле условия длительного состояния невесомости создать нельзя. Такой летный эксперимент уже предусмотрен. На орбиту предполагают вывести макет станции, в котором будет находиться робот — одетый в скафандр металлический скелет человека с подвижными конечностями. Робот по командам с Земли будет «прогуливаться» по станции, а специально установленные датчики измерят создаваемые возмущения.

«Aviation Week», 38, 21, 1969.



ОРБИТАЛЬНАЯ астрономическая обсерватория «ОАО-2»: 1 — балансирующая штанга; 2 — одна из четырех труб ультрафиолетового телескопа; 3 — панель с солнечными элементами; 4 — щелевая антенна; 5 — сканирующий спектрометр; 6 — телескоп-рефлектор для регистрации излучения звезд; 7 — звездный датчик; 8 — телескоп-рефлектор для регистрации излучения туманностей; 9 — крышка, защищающая астрономические приборы от прямых солнечных лучей

К. П. ВАСИЛЬЕВ
кандидат
физико-математических
наук

ОКЕАНОГРАФИЯ ИЗ КОСМОСА

В течение многих веков складывалось представление об исследователе морей как о суровом человеке, стоявшем на борту судна и бросавшем в пучину промерный лот. Постепенно приспособления, опускаемые с судна, становились сложнее, но трос с подвешенными на нем приборами долгое время оставался основным, если не единственным, средством добычи новых сведений о Мировом океане.

В нашу эпоху, когда исследования космического пространства становятся могучим орудием познания природы, стало возможным исследовать Мировой океан из космоса. И это очень важно для расширения представлений о гидросфере. Действительно, существующая в настоящее время система гидрометеорологических наблюдений далеко не идеальна и не дает полного представления о процессах, происходящих в толще океанических вод и над ними.

Телевизионные изображения облачного покрова и поверхности, запечатленные на черно-белых фотографиях, а также цветные фотографии поверхности океана, сделанные с борта космических кораблей и автоматических межпланетных станций, успешно применяются для разрешения научных задач, а также для выпуска гидрологических прогнозов. У исследователя и прогнозиста появляется возможность регулярно получать традиционную (или весьма подобную ей) информацию о зонах штормового волнения и о ледовых условиях по обширной акватории океана в один, конкретный момент времени. Кроме того, перед океанографом возникает заманчивая перспектива использовать качественно новую информацию для решения многих научных задач, связанных с изучением поля волнения, дрейфа льда, зон сжатия и разрежения льда, распределения водных масс, положения струй течений, выхода глубинных вод на поверхность и т. д. Имея фотографии облачного покрова, переданные из космоса, мы можем, например, точно оп-

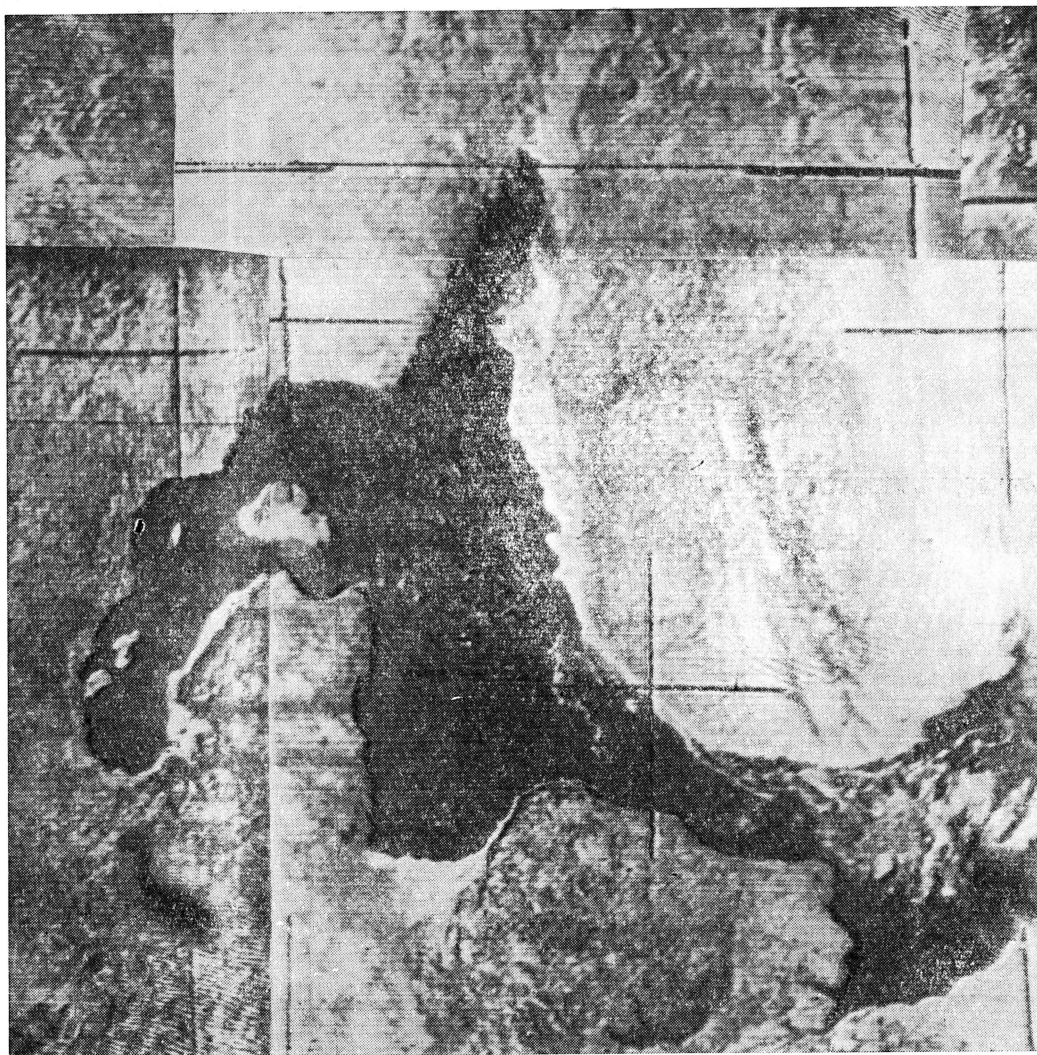
ределить штормовые зоны в океане, дать характеристику ледовым условиям на морях. Нетрудно определить границу льда, его сплоченность (т. е. определить, насколько густо заполняет он акваторию), а также вид ледовых образований. Ведь морякам очень важно знать, какая ледовая обстановка ждет их в море, какой лед — молодой, однолетний или многолетний, разреженный или сплоченный, дрейфующий или плавучий, измельченная ледяная каша или обширные ледяные поля — грозит их судну. Восстановив по фотографии реальную картину распределения льда на поверхности моря, прогнозист делает объективное заключение о ледовых условиях.

На телевизионном снимке с искусственного спутника Земли лед обнаруживается по фону (т. е. по воспринимаемой глазом яркости) и рисунку изображения. По яркости изображения устанавливаются границы многообразных форм льда, наличие полыней различного происхождения, больших каналов и разводий во льду. Отражательная способность различных форм льда и его образований неодинакова, и на телевизионных снимках они хорошо различаются по яркости изображения.

Небольшие трещины, разводья, каналы во льду на снимках не видны, хотя они придают белесый оттенок изображению неподвижного льда.

Яркость снимка меняется также в зависимости от сезона года. Зимой отражательная способность льда более высокая, чем в весенне-летний период, когда лед начинает таять, темнеть и покрываться водой. В этом случае расшифровывать снимок надо очень осторожно, так как темные пятна на льду легко принять за открытую воду, хотя на самом деле эта вода — на поверхности ледяного покрова.

Облачный покров над льдами — это большая помеха при дешифрировании снимков.



ТЕЛЕВИЗИОННЫЙ СНИМОК Белого моря с метеорологического спутника «Космос-144», сделанный 28 марта 1967 г. Это — отчетливая картина распределения льда в море. Вершины Деинского, Онежского и Кандалакшского заливов покрыты неподвижным льдом (припай). В Онежском заливе вокруг островов Большой и Малый Жумжуй, Конд-Острова и Хед-Острова, а также Соловецких островов наблюдается неподвижный лед. У Терского берега располагается полоса сплошного 10-балльного льда. В Горле моря видны отдельные пятна дрейфующего льда сплоченностью до 6 баллов. В Воронке моря — обширный массив разреженного дрейфующего льда с включением сплоченных ледяных полей. Наиболее яркий тон на снимке имеет припай, малоподвижные — белые и заснеженные — серо-белые и серые льды. По мере разрежения льда яркость его избражения на снимке снижается, а тон снимка изменяется от белого до темно-серого. Темный, почти черный тон имеет открытая вода и молодой лед начальных видов (ледяные иглы, сало, шуга, снежура)

Довольно трудно, а часто невозможно отличить лед от плотной облачности. В этих случаях существенную помощь иногда оказывают последовательные снимки одного и того

же района за несколько дней. Расположив снимки подряд, можно увидеть, как изменяются границы изображения ледяного покрова. Если окажется, что граница изменяется не-



ТЕЛЕВИЗИОННЫЙ СНИМОК северной части Атлантического океана с метеорологического спутника «ЭССА-5», сделанный 4 августа 1967 г. Хорошо виден облачный вихрь (циклон), центр которого расположен к юго-востоку от Гренландии. В тылу циклона штормовые северо-западные ветры сформировали обширную зону штормового волнения. Фотография наложена на карту волнения

значительно, можно уверенно принять ее за кромку льда, так как облака более подвижны, чем лед. Менее плотные, просвечивающие облака не затрудняют определения положения

кромek неподвижного льда (припая) и сплоченных малоподвижных льдов. Другие характеристики льда в этом случае, как правило, получить нельзя, их просто не видно. Так те-

левизионные снимки льда со спутников позволяют составлять ледовые карты, которые успешно используются в текущей информации о ледовых условиях в конкретном районе моря, а также исследовать дрейф льда, зоны сжатия и разрежения.

Хорошо известно, какую опасность для мореплавания представляют циклоны и тайфуны. Атмосферные вихри, циклоны, как правило, отчетливо видны на спутниковых снимках. Совместный анализ снимков облачных вихрей над океаном и карт волнения обнаружил тесную связь вихревой структуры облачности с зоной штормового волнения.

К моменту обнаружения спутником вихревой структуры облачной системы над определенным районом океана, под действием ветра в молодом циклоне на поверхности воды формируются волны. Поле волнения принимает округлую форму, вытянутую в направлении ветра, и располагается к западу от центра молодого циклона, если циклон перемещается с запада на восток. Высота волн в такой зоне нередко достигает 3—4 м, сама зона растягивается на 300 миль, а ее ширина составляет при этом 200 миль. Затем циклон углубляется и увеличивается по площади. Ветровые волны быстро растут, площадь взволнованной поверхности увеличивается, охватывая обширные районы океана. Эта стадия развития циклона состоит из нескольких этапов, для каждого из которых характерна определенная структура облачности и соответствующее ей поле ветра, а также определенная зона штормового волнения. Во время первого этапа на фотографии прослеживается вихревая структура циклона. В центре вихря видно смыкание облачных полос, соответствующих тепловому и холодному фронтам. Высота ветровых волн в подвижной зоне океана возрастает до 5—7 м. Зона располагается в 100—150 милях слева от центра облачного вихря. У нее округлая форма, вытянутая по направлению ветра, длиной 500 и шириной 350 миль.

На следующем этапе развития циклона происходит дальнейшее смыкание теплого и холодного фронтов. На телевизионном снимке в этом случае хорошо видна облачная полоса, которая как бы закручивается вокруг цен-

тра вихря. На этом этапе развития циклона в океане наблюдается жестокий шторм. Ветровые волны достигают наибольшей высоты (8—12 м), зона шторма распространяется на длину 1000 и ширину 700 миль. Она лежит к юго-западу от центра вихря на расстоянии 200 миль и имеет форму эллипса, вытянутого в направлении ветра.

В последующей стадии циклон вырождается. На снимке система облаков принимает вид вихря с несколькими витками вокруг центра циклона. Шторм начинает стихать, высота волн уменьшается. Зона, где преобладают волны высотой 4—5 м, вследствие распространения зыби захватывает обширную акваторию океана.

Когда метеорологический спутник передаст сведения о вихревой структуре облачности, гидрометеоролог, произведя необходимый анализ, сумеет уверенно определить площадь океана, охваченную штормом.

Большой научный интерес представляют цветные фотографии поверхности океана, сделанные с борта космических кораблей. Цветные фотографии из космоса дают возможность судить о крупномасштабных процессах, наблюдающихся на поверхности океана. Эти снимки рассказывают нам: о рельефе дна на мелководье; о том, как далеко распространяются в море речные воды; где на поверхности океана выходят глубинные воды; как проходят границы между водными массами; куда направляются морские течения; насколько взволнована поверхность океана.

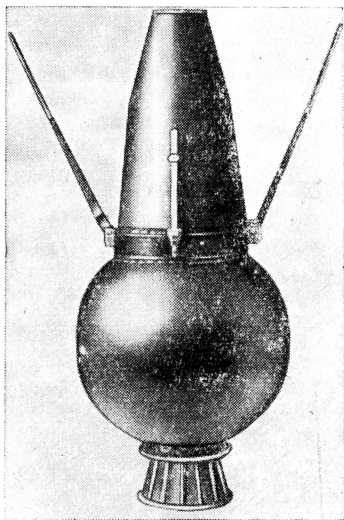
Весьма разнообразна информация о Мировом океане, поступающая из космоса. И, конечно, технические усовершенствования измерительной и передающей аппаратуры, новые успехи в космических исследованиях расширяют возможности океанографических работ из космоса.

Научно-исследовательские работы в области изучения океана из космоса, в совокупности с регулярными гидрометеорологическими наблюдениями на судах и самолетах, повысят эффективность гидрометеорологического обслуживания судоходства и углубят наши представления о процессах, происходящих в гидросфере.



ЧЕТЫРЕ НЕ РАВНО ЧЕТЫРЕМ

Космическую программу Японии преследуют неудачи. Давно эта страна лелеет надежду стать четвертой космической державой после СССР, США и Франции. В «космический клуб» принимают только те страны, которые запускают спутники с помощью собственных ракет-носителей. По орбите обращаются канадские, английские, итальянские спутники, спутники западно-европейской организации ЭСРО; несколько месяцев пробыл в космосе австралийский спутник. Но все эти спутники были запущены американскими ракетами-носителями, поэтому перечисленные страны пока не могут претендовать на членство в космическом клубе. Япония создала свою ракету-носитель «Ламбда-4». Все японские ракеты обозначаются греческими буквами, а цифра 4 означает, что ракета четырехступенчатая. Четырежды пыталась Япония вывести на орбиту спутник своей ракетой. Предусматри-



СПУТНИК пристыкованный к последней ступени ракеты-носителя (последняя ступень представляет собой двигатель твердого топлива со сферическим корпусом)

СПУТНИКИ — ЛЮДЯМ

валось, что по орбите спутник будет обращаться вместе с четвертой ступенью ракеты-носителя. Первая попытка была сделана в 1966 г., последняя — 22 сентября 1969 г. Во всех случаях неисправность верхних ступеней приводила к аварии. Итак, четыре попытки не сделали Японию четвертой космической державой. Пятая попытка состоится, по видимому, в 1970 г.

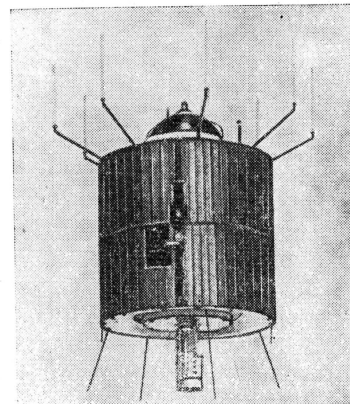
«International air letters», 6838, 1969.

ГЛАВНОЕ ДЕЙСТВУЮЩЕЕ ЛИЦО ФИЛЬМА — УРАГАН

Летом 1969 г. над Соединенными Штатами Америки пронесся ураган огромной разрушительной силы. В соответствии с традицией, ему было присвоено женское имя (Камилла). Отличительной чертой этого урагана была не только его буйная натура, но и своеобразная «фотогеничность». Никакой другой ураган не удавалось так много фотографировать со спутников.

Метеорологические спутники, фотографирующие облачный покров (в частности ураганы), как правило, обращаются по орбитам, близким к полярным, и лишь 1—2 раза в сутки проходят над зоной урагана и фотографируют его. Столь редкие фотографии не позволяют проследить за всеми особенностями развития этого стихийного процесса. С Камиллой было иначе. Помимо обычных метеорологических спутников, этот ураган был сфотографирован спутником «АТС-3», находящимся на стационарной орбите над Южной Америкой. Спутник на стационарной орбите неподвижен относительно Земли, т. е. с него можно, практически, непрерывно фотографировать определенную зону земной поверхности. Ураган Камилла двигался как раз в зоне видимости спутника «АТС-3», что позволило фотографировать ураган каждые 10 минут. Позднее из отдельных снимков смонтировали фильм, показывающий зарождение, развитие и «грозное движение» урагана.

В сезон рождается не один ураган. И на смену Камилле появился новый ураган Дебби. Его тоже удалось фотографировать со спутника «АТС-3», и когда, судя по фотографиям, ураган



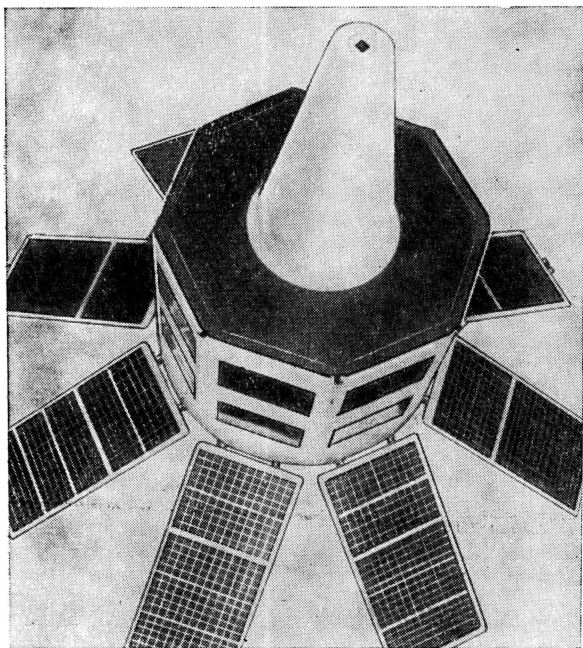
*ИСКУССТВЕННЫЙ СПУТНИК
Земли «АТС-3»*

«созрел», навстречу ему вылетели самолеты, чтобы попытаться воздействовать на грозные облака химическими реактивами. После такого искусственного воздействия сила ветра ослабла и ураган Дебби не нанес столь большого ущерба, как Камилла. Ученые пока опасаются категорически утверждать, что именно искусственное воздействие усмирило ураган. Необходимо еще тщательное изучение и сравнение кинофильма «Камилла» с «Дебби». Однако уже ясно, что метеорологические спутники на стационарной орбите качественно расширяют возможности наблюдения за атмосферными процессами.

«Aerospace Daily», 38, 1969.

ПОВЕЛИТЕЛЬ ВЕТРОВ И МЕТЕОРОЛОГИЯ

«Эол» — повелитель ветров в древнегреческой мифологии. Такое название дали французские ученые своей программе исследования движений воздушных масс в южном полушарии. Сеть метеорологических станций в этом полушарии очень редкая, ведь в основном южное полушарие — это бескрайняя гладь океана. Белые пятна на карте метеорологической сети снижают оправдываемость прогнозов. Программа «Эол» должна в какой-то степени ликвидировать эти белые пятна. С территории Аргентины предполагают за-



ИСКУССТВЕННЫЙ СПУТНИК Земли «Эол». Видны панели с солнечными элементами и антенна (в форме усеченного конуса) для связи с шарами-зондами

пустить 500 шаров-зондов. Они должны распределиться по огромной площади 250 млн. км² в зоне между 20-й и 70-й параллелями. Но как собрать информацию от такого огромного числа шаров, дрейфующих в воздушном океане над территорией (точнее акваторией), равной 500 Франций? На помощь приходит космическая техника. Разработанный во Франции спутник «Эол» выводится на круговую орбиту высотой 900 км с наклоном 50° к плоскости экватора. Спутник будет «опрашивать» шары, находящиеся в зоне его видимости. Принятая от шаров метеорологическая информация должна записываться на борту спутника и передаваться на Землю при прохождении спутника над станциями слежения. Со всех станций информация поступает в центр сбора данных в Бретань (Франция). Для метеорологических целей важна не только информация, передаваемая приборами шаров-зондов, но и само перемещение шаров, указывающее на движение воздуш-

ных масс. «Опрашивая» шары, спутник одновременно будет определять расстояние до них по доплеровскому сдвигу частоты радиосигналов. Поскольку положение спутника в каждый данный момент известно точно, то по нескольким измерениям расстояния от спутника до шара можно будет определить текущие координаты шара. Эксперимент продлится 2 месяца. Он запланирован на лето 1971 г. Кстати, руководители программы «Эол» утверждают, что наличие 500 шаров в воздухе не представит опасности для самолетов, совершающих полеты в южном полушарии. Конструкция шаров такова, что при случайном столкновении самолета с шаром, шар лопнет, а самолет не должен пострадать. Программа «Эол» — пример того, как при затрате сравнительно скромных средств могут ставиться весьма интересные эксперименты с использованием достижений космической техники.

«Air et Cosmos», 7, 299, 1969.

СКОЛЬКО ЕСТЕСТВЕННЫХ СПУТНИКОВ У ЗЕМЛИ?

В 1969 г. американский ученый Джон Бэдджи выдвинул гипотезу о существовании небольших естественных спутников Земли (см. «Icarus», 10, 1, 1969).

Заранее отвергать эту гипотезу не следует. «Маленькие луны» могут появиться в результате захвата Землей небольших небесных тел, например метеоритов, которые более или менее длительное время могут просуществовать на околоземной орбите.

Такие спутники могут быть случайно замечены при астрономических наблюдениях. И действительно, в 1947, 1952, 1956 и 1957 гг. наблюдались неизвестные космические объекты, причем в 1956 и 1957 гг. наблюдалось одновременно по два объекта. Последнее наблюдение (1957 г.) принадлежит лично Дж. Бэдджи.

Эти наблюдения позволили вычислить орбиту неизвестных небесных тел, но решение было неоднозначным и дало три возможные орбиты. Поиски на первой орбите не принесли успеха, вторая была отвергнута по каким-то соображениям, на которых Бэдджи в своей статье, опубликованной в «Icarus», не останавливается. Далее, как пишет Бэдджи, «прежде, чем были организованы поиски на третьей орбите, поступила новая информация из неожиданного источника... которая не только указала правильную форму и размеры орбит, но и сделала возможным дальнейшее уточнение элементов орбит отдельных объектов».

Эту информацию принесли искусственные спутники Земли (ИСЗ), точнее многочисленные случайные изменения (аномалии) в элементах орбит искусственных спутников. Удалось обнаружить, что орбиты многих ИСЗ испытывают временами скачкообразные изменения, не объясняемые влиянием известных действующих сил (притяжения Земли, Луны, планет, сопротивления атмосферы, давления солнечного излучения и некоторых других). Например, иногда резко изменялись наклон орбиты к плоскости земного экватора (до 1°) и апогей орбиты (на 50—100 км). Эти изменения орбит ИСЗ, по мнению Бэдджи, нельзя объяснить иначе, как результат действия на ИСЗ возмущающих сил со стороны некоторых небесных тел, движущихся вблизи Земли, т. е. есте-

ственных спутников Земли, не наблюдавшихся до сих пор. Именно при тесном сближении ИСЗ с этими естественными спутниками могут происходить такие резкие изменения орбит ИСЗ.

Обстоятельное изучение более чем 50 аномалий в орбитах 55 спутников дало очень много информации об естественных небесных телах. Теперь Бэджби считает, что первые наблюдения 1947 и 1952 гг. относятся к одному «родительскому» небесному телу, которое распалось на части около 18 декабря 1955 г., а в настоящее время имеется не менее 12 отдельных естественных спутников Земли размером от 7 до 30 м, движущихся по шести несколько различным орбитам. Угол наклона орбиты к плоскости земного экватора меняется для разных групп спутников от $41,5^\circ$ до 43° , а эксцентриситет орбит — от 0,493 до 0,500. Большая полуось для всех орбит равна 14 065 км, так что при эксцентриситете 0,5 высота спутника над поверхностью Земли составляет около 650 км в перигее и около 14 700 км в апогее.

Таким образом, число естественных спутников Земли оказалось неожиданно большим. Это обстоятельство, а также предполагаемый распад «родительской малой луны» и столь точные подробности об орбитах спутников психологически вызывают скорее недоверие у читателя, чем убеждают его. Сама по себе возможность объяснения аномалий в движении искусственных спутников Земли возмущениями со стороны гипотетических естественных спутников еще ничего не доказывает. Нужны прямые доказательства. Однако сам Бэджби, по видимому, считает вопрос ясным, а подтверждение гипотезы прямыми наблюдениями всего лишь «желательным». Тем не менее он предпринял попытки сфотографировать «маленькие луны», сни-

мая широкоугольной светосильной камерой участки неба вдоль предполагаемых орбит естественных спутников Земли. 27 марта 1968 г. на двух соседних снимках зарегистрирован объект 6—7-й звездной величины, движущийся со скоростью около 1° в минуту. 21 апреля 1968 г. на трех последовательных снимках зарегистрирован еще один аналогичный объект.

Вычисленные по этим наблюдениям элементы орбит наблюдаемых объектов совпадают с точностью до 0,125% с двумя из шести орбит, полученных по возмущениям в движении ИСЗ.

Существование естественных спутников как будто получило подтверждение. Однако говорить о полном доказательстве, по нашему мнению, еще рано. Когда будут точно известны орбиты, а также положения спутников на орбите, фотографические снимки их можно будет легко получать на обычных камерах для наблюдений ИСЗ. Если систематические наблюдения будут успешны, вопрос решится окончательно.

Мы не подвергали сомнению достоверность данных, приведенных в статье Бэджби. Но в последних наблюдениях есть одна странная вещь. Спутник, движущийся с первой космической скоростью перпендикулярно лучу зрения, имеет видимую угловую скорость 1° в минуту лишь в том случае, если он находится на расстоянии около 17 000 км. По данным, приведенным Бэджби, затруднительно определить точно расстояние до спутника, но можно оценить, что оно было не меньше 10 000 км. Если на снимках действительно объект, рассматриваемый Бэджби, то он должен через каждые 4,5 часа подходить к Земле на расстояние около 650 км, т. е. более чем в 15 раз ближе. На таком расстоянии спутник будет в 225 раз, или на 6 звездных величин, ярче, следова-

тельно, он будет почти нулевой звездной величины. Совершенно непонятно, как такие спутники могут оставаться незамеченными сколько-нибудь длительное время.

Ю. А. РЯБОВ
доктор физико-математических наук
В. А. ЮРЕВИЧ
кандидат физико-математических наук

ЗЕМЛЯ, КАКИ ЮПИТЕР, — ИСТОЧНИК РАДИОВОЛН

Согласно результатам, полученным Р. Стоуном (Годдардовский центр космических полетов) по наблюдениям спутника «Эксплорер-38», Земля, подобно Юпитеру, является слабым источником длинных радиоволн. «Эксплорер-38» был запущен на круговую орбиту с высотой 5 850 км в июне 1968 г. Он снабжен четырьмя гигантскими антеннами, достигающими общей длины 500 м. Спутник принимал низкочастотные сигналы около 10 Мгц. Во многих отношениях радиоизлучение Земли сходно с радиоизлучением Юпитера. Источником его могут быть аналогичные процессы, протекающие в магнитосфере Земли и атмосфере Юпитера.

Спутник также обнаружил, что Солнце — более мощный источник длинных радиоволн, чем предполагалось раньше. Кроме того, спутник позволил построить радиокарту Галактики на длинных волнах. Большая часть этого излучения приходит от плоскости Галактики.

«New Scientist», 5, 1969.

СУБМИЛЛИМЕТРОВАЯ АСТРОНОМИЯ

Субмиллиметровая астрономия — одна из самых юных отраслей современной астрономии. Именно ей, по-видимому, предстоит подобрать ключ к решению центральных проблем космологии — начала космологического расширения и современной эволюции Вселенной.

ШКАЛА ЧАСТОТ электромагнитных волн. Земная атмосфера пропускает только видимый свет и радиоволны



«БЕЛОЕ ПЯТНО» В СПЕКТРЕ

Спектр частот электромагнитного излучения, используемых современной астрономией для исследования космических объектов, простирается от гамма- и рентгеновской областей, т. е. от частот, больших 10^{20} гц, до «сверхдлинных» радиоволн с частотой 10^4 гц. Таким образом, частотный интервал составляет более 16 порядков!

Интересно сравнить степени освоенности отдельных частей этого широчайшего спектра. Издавна работают астрономы в видимом участке спектра, в последние десятилетия освоены ультрафиолетовый, инфракрасный и радиодиапазоны, а в последние годы стали активно развиваться гамма- и рентгеновская астрономия. Но вместе с тем, можно отметить области, отличающиеся почти целинной нетронутостью. Так, интервал частот от $3 \cdot 10^{11}$ до $6 \cdot 10^{12}$ гц (соответствующие длины волн от 1 мм до 50 мк) еще недавно не привлекал к себе внимания астрономов. Расположенный между инфракрасным

(со стороны коротких волн) и миллиметровым диапазонами, этот участок спектра до сих пор не получил единого наименования: оптики называют его далекой инфракрасной областью, а специалисты по микроволновой технике — субмиллиметровой. Если вспомнить, что в пределах видимого участка спектра длина волны изменяется примерно в 3 раза, то легко представить себе богатство «красок» рассматриваемого диапазона.

В течение длительного времени субмиллиметровая область была «ничейной землей», поскольку непосредственное использование методов генерирования и приема излучения, разработанных в соседних спектральных диапазонах, натолкнулось на серьезные трудности. Эти трудности обусловлены именно промежуточным положением субмиллиметровых волн: они слишком длинны по сравнению с инфракрасными и в то же время слишком коротки по сравнению с микрорадиоволнами.

Эффективность тепловых источников, максимум излучения которых обычно лежит в инфракрасной области спектра, с увеличением

длины волны резко снижается. На долю субмиллиметрового диапазона приходится ничтожная мощность излучения. Например, при температуре 10^3°K мощность субмиллиметрового излучения с длинами волн от 0,1 до 1,0 мм составляет примерно одну десятитысячную часть от полной излучаемой телом мощности. Лишь у очень холодных источников с температурой порядка нескольких градусов Кельвина максимум спектрального распределения смещается в субмиллиметровую область*. Однако абсолютная величина излучаемой мощности при этом сильно уменьшается. Таким образом, субмиллиметровой астрономии, по-видимому, часто придется решать трудную задачу измерения очень малых мощностей.

Но ведь с подобной трудностью сталкивается и радиоастрономия: в радиодиапазоне мощность принимаемых сигналов обычно очень мала. Поэтому казалось заманчивым попытаться использовать в субмиллиметровой области те эффективные методы приема излучения, которые были разработаны в микроволновом диапазоне и успешно применяются в радиоастрономии. Однако главным препятствием на пути к этому стала малая длина волны субмиллиметрового излучения. Дело в том, что основные элементы микроволновых устройств имеют размеры, сравнимые с длиной волны, и должны изготавливаться с высокой точностью. Поэтому их субмиллиметровые аналоги становятся поистине микроскопическими приборами, а требования к точности их изготовления приближаются к «оптическим». При передаче и преобразовании потоков субмиллиметрового излучения потери энергии на поглощение в таких приборах оказываются довольно большими.

Последние годы характеризуются усилением темпов развития техники субмиллиметровых волн. Происходит взаимное проникновение и освоение методов и средств, используемых в соседних частотных диапазонах. Наряду с ранее известными болометрическими и кристаллическими детекторами излучения с большим успехом стали применяться высокочувствительные приемники излучения, сделанные из полупроводниковых и сверхпроводящих материалов. Получены важные результаты и в разработке различных измерительных элементов — появились своеобразные «квазиоптические» (т. е. про-

межуточные между оптическими и микроволновыми) интерферометры субмиллиметрового диапазона, которые оказались очень эффективными спектральными приборами.

АТМОСФЕРНЫЙ ФИЛЬТР

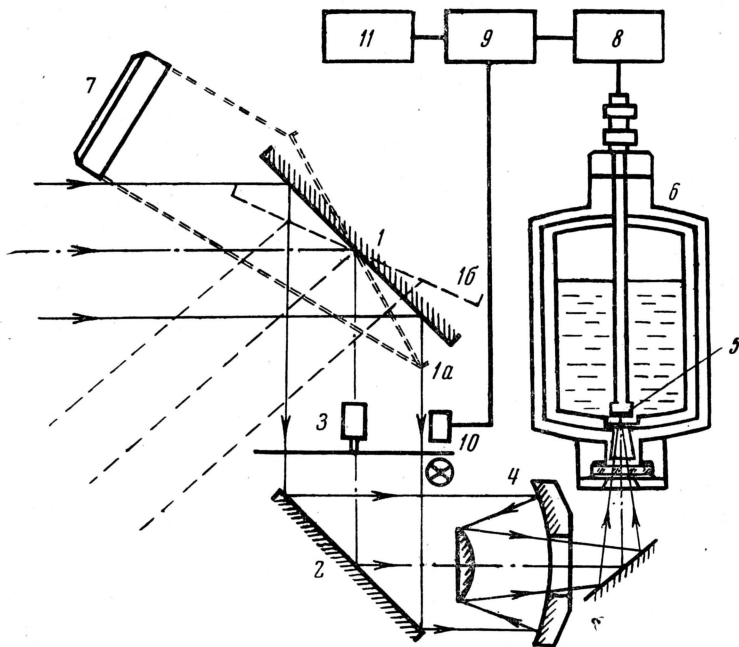
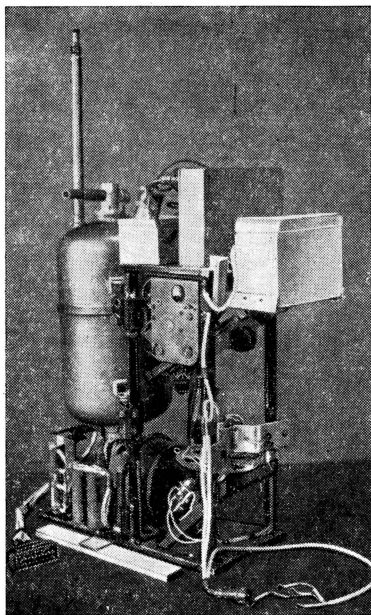
Современные технические достижения создали предпосылки для широкого применения субмиллиметровой радиометрии и спектроскопии в астрономии. Однако для успешного развития астрономических субмиллиметровых исследований было необходимо преодолеть еще одно серьезное препятствие: непрозрачность земной атмосферы в субмиллиметровом диапазоне. Лишь в длинноволновой части этого диапазона есть несколько «полупрозрачных окон».

Теоретические и экспериментальные исследования поглощения субмиллиметрового излучения в земной атмосфере начали проводиться сравнительно недавно — всего 25 лет назад. Наиболее интересные и полные теоретические результаты получены советским ученым С. А. Жевакиным и его сотрудниками (Горьковский государственный университет). Аналогичные работы проводились также в США, Англии и Франции. Результаты расчетов, в общем, удовлетворительно совпали с измерениями, сделанными с поверхности Земли. Оказалось, что в нижней части атмосферы субмиллиметровое излучение поглощается в основном молекулами водяного пара. Поглощение очень велико: даже в окне относительной прозрачности, расположенном вблизи длины волны 345 мкм, поверхности Земли достигает лишь около 1,5% мощности излучения Солнца. Таким образом, для проведения астрономических измерений необходимо прежде всего уменьшить количество водяного пара на луче зрения. Даже излучение такого яркого источника, как Солнце, удастся зарегистрировать только в горах или в районах с пониженным содержанием влаги в атмосфере.

ПЕРВЫЕ ВЫСОТНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

В последние годы ученые все чаще применяют для субмиллиметровых измерений высотные самолеты и стратостаты, которые выносят аппаратуру в более высокие и разреженные слои атмосферы, где содержание водяного пара крайне мало. Со стратостатов

* Согласно закону Вина, длина волны максимума спектра равновесного излучения тела связана с его температурой простым соотношением: $\lambda_{\text{макс}} \cdot T = 3 \text{ мм} \cdot \text{град К.}$



АВТОМАТИЧЕСКИЙ РАДИОМЕТР СУБМИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА, предназначенный для измерения собственного излучения Земли и ее атмосферы. Разработан в ФИАНе. Справа — принципиальная схема радиометра. Свет, отраженный от поворотного зеркала (1), периодически прерывается с помощью модулятора (3), затем отражается от второго поворотного зеркала (2) и фокусируется зеркальным объективом (4) на поверхность приемного элемента (5), который помещен внутри гелиевого криостата (6). Переменный сигнал с приемного элемента усиливается предварительным усилителем (8) и для уменьшения шумов детектируется синхронно с прерыванием света детектором (9). Для этого на детектор подается опорное напряжение от специального датчика (10) — электрическая лампочка и фотодиод. К выходу синхронного детектора присоединяется регистрирующее устройство (11). Поворотное плоское зеркало (1) поочередно «смотрит» то на атмосферу (положение 16), то на эталонный источник 7 (положение 1а)

(высота 30—35 км) американские и французские астрономы измерили субмиллиметровое излучение Солнца и Луны, а английские исследователи получили спектры поглощения водяного пара с борта высотного самолета (12 км).

В Советском Союзе в Физическом институте имени П. Н. Лебедева АН СССР в 1968 г. были проведены первые измерения с аппаратурой субмиллиметрового диапазона, поднимаемой в стратосферу на высотном аэростате. Научное оборудование размещалось в специальном контейнере, прикрепленном к парашюту, который подвешивался к оболочке аэростата. По окончании эксперимента парашют автоматически отделялся от оболочки и аппарата доставлялся на Землю.

Субмиллиметровое излучение атмосферы Земли в области длин волн 0,5—2,0 мм регистрировал автоматический радиометр. С помощью специального поворотного зер-

кала, совершающего периодические качания, сканировалась атмосфера Земли, т. е. оптическая ось прибора «смотрела» то на атмосферу, то на Землю. После окончания цикла сканирования зеркало разворачивалось таким образом, что в поле зрения прибора попадало излучение эталонного источника с известной температурой и осуществлялась калибровка прибора. В качестве приемника излучения использовался кристалл сурьмянистого индия, охлажденного до температуры жидкого гелия.

Советские ученые исследовали угловое распределение субмиллиметровой радиации земной атмосферы, т. е. измерили зависимость интенсивности принимаемого излучения от угла наблюдения. Полученные экспериментальные кривые сравнивались с теоретическими. В пределах точности измерений соответствие кривых оказалось удовлетворительным.

До сих пор мы говорили о субмиллиметро-

вых измерениях, выполненных на высотах в несколько десятков километров над поверхностью Земли. Что показали эти эксперименты? В целом их результаты представляют, главным образом, геофизический интерес и имеют двойное значение. С одной стороны, они позволяют получить новые данные о температуре, составе и структуре земной атмосферы, в частности оценки распределения концентраций водяного пара до высот порядка 35 км. С другой стороны, эти эксперименты подготовили базу для проведения более сложных исследований астрономических объектов. Удалось, например, выяснить, что остаточная концентрация водяного пара на высотах 30—35 км оказывается слишком большой и не позволяет измерить потоки излучения от слабых источников. Чтобы полностью избавиться от мешающего влияния фильтра-атмосферы, экспериментальная аппаратура субмиллиметрового диапазона должна подниматься выше земной атмосферы.

Многие астрофизические задачи требуют развития внеатмосферной субмиллиметровой астрономии. Неисследованные «белые» пятна в спектрах Солнца, Луны, планет, туманностей, квазаров и других радиоисточников, т. е. практически всех объектов, изучаемых современной астрономией, привлекают к себе внимание специалистов самых различных направлений.

Измерения субмиллиметрового излучения Солнца позволят получить информацию о глубокорасположенных деталях структуры солнечной хромосферы, которые в видимой области являются прозрачными. Исследования поляризации и временных корреляций потоков солнечного излучения со вспышками на Солнце дадут новые сведения о распределении электронных плотностей и магнитных полей в локальных активных областях. Знание субмиллиметрового спектра Солнца поможет также уточнить химический состав различных его областей и, в частности, выяснить, присутствуют ли ионы тяжелых элементов в солнечной короне. Наше Солнце — уникальная лаборатория, где могут реализоваться очень необычные для Земли физические условия, приводящие к появлению многих своеобразных эффектов, наблюдать которые можно в субмиллиметровом диапазоне.

Субмиллиметровая спектроскопия планет солнечной системы непосредственно связана с анализом химического состава и физических условий в их атмосферах. Известно, что в субмиллиметровой области спектра есть много линий, принадлежащих молекулам, которые присутствуют в атмосферах планет.

Уже начаты наблюдения Юпитера, Венеры и Сатурна на волнах субмиллиметрового диапазона. Активно исследуется Луна, причем роль этих исследований возрастает в связи с достигнутыми успехами в изучении свойств ее поверхности.

[Важными объектами будущих субмиллиметровых исследований станут также квазары и другие необычные источники. Особый интерес вызывает изучение их спектров в субмиллиметровом диапазоне, поскольку измерения, выполненные в соседних спектральных областях, указывают на существование особенностей в этой промежуточной области длин волн.

СУБМИЛЛИМЕТРОВАЯ АСТРОНОМИЯ И КОСМОЛОГИЯ

Одна из основных задач, стоящих перед нарождающейся субмиллиметровой астрономией, — проблема первичного реликтового излучения.

Согласно общепринятой в настоящее время космологической модели Вселенной — модели расширяющейся Вселенной, окружающее нас пространство должно быть заполнено равновесным первичным излучением с температурой, равной нескольким градусам Кельвина*. Это фоновое равновесное излучение является «реликтом» начальной стадии космологического расширения Вселенной. Подобно застывшим в камне древнейшим растениям и организмам, некоторые интересные моменты эволюции Вселенной «отпечатываются» на спектре реликтового излучения, сохраняя до наших дней информацию об удивительных и столь далеких от нас событиях. Помимо спектрального состава, очень важными оказываются и другие характеристики этого излучения. Например, анизотропия пространственного распределения излучения, которая может быть связана с анизотропией самого процесса расширения. Очевидно, что экспериментальная проверка этих теоретических выводов имеет большое значение. Поскольку мощность реликтового излучения ничтожно мала, обнаружить и измерить его характеристики исключительно сложно.

В соответствии с законом Вина, максимум спектра реликтового излучения с температурой, составляющей несколько градусов

* Подробнее об этом см. Я. Б. Зельдович. Горячая Вселенная. «Земля и Вселенная», № 3, 1969 г. (Прим. ред.)

Кельвина, должен находиться где-то в субмиллиметровой области. В этом диапазоне, казалось бы, легче всего обнаружить реликтовое излучение. Однако из-за низкой, по сравнению с приемниками радиодиапазона, чувствительности субмиллиметровых приемников случилось так, что открыли и измерили космическое фоновое излучение радиоастрономы. В 1965 г. на длине волны 7,5 см американские исследователи обнаружили не зависящее от направления наблюдения излучение малой мощности. Величина измеренной мощности соответствует (при условии равновесного характера этого излучения) температуре около 3°K . За этим экспериментом в СССР и за рубежом было выполнено несколько других на более длинных и на более коротких волнах, в ходе которых был доказан факт существования фонового космического радиоизлучения. К настоящему времени проведено более десятка независимых экспериментов в сантиметровом и миллиметровом радиодиапазонах.

Мощность фонового излучения монотонно возрастает при уменьшении длины волны. Конечно, для того чтобы окончательно доказать, что измеряемое излучение является равновесным с температурой около 3°K , необходимо проводить наблюдения в той области спектра, где мощность излучения, достигнув максимума, начнет уменьшаться. Сейчас лишь измерения на самых коротких миллиметровых радиоволнах указывают на

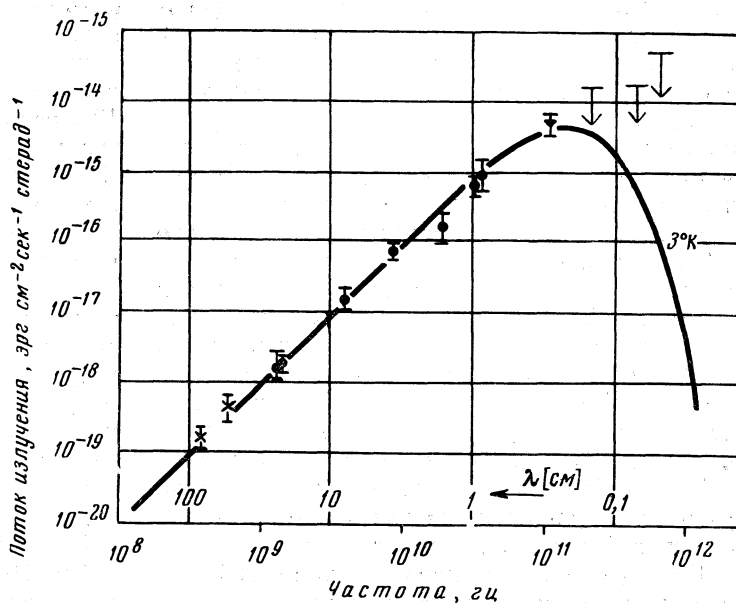
некоторое замедление роста спектральной кривой, что, возможно, свидетельствует о приближении к максимуму.

Кроме прямых экспериментов, в которых непосредственно измерялась мощность космического излучения, ряд наблюдений служит косвенным подтверждением существования равновесного излучения с температурой 3°K . Речь идет о давно обнаруженных особенностях оптических спектров поглощения радикалов CN и CH в галактическом газе. Так как в межзвездном пространстве молекулы газа очень редко сталкиваются между собой, то космическое излучение может заметно изменить число молекул, находящихся в возбужденных состояниях. При этом изменяется соотношение интенсивностей различных оптических линий поглощения, соответствующих переходам из таких возбужденных состояний. Следовательно, спектр поглощения молекул CN и CH можно использовать как «термометр» для определения температуры космического излучения. Оценки, сделанные с помощью «молекулярного термометра», также дают температуру космического излучения, близкую к 3°K .

Итак, в настоящее время достаточно надежно установлен факт существования фонового космического излучения. Однако ни непосредственные измерения мощности, выполненные в сантиметровом и миллиметровом диапазонах, ни косвенные оценки, полученные с помощью «молекулярного термо-

СПЕКТР РЕЛИКТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.

Сплошная линия показывает теоретическую зависимость мощности трехградусного равновесного излучения от длины волны. Экспериментальные точки в длинноволновой (сантиметровой и миллиметровой) области спектра хорошо согласуются с теоретической кривой. Стрелками показаны оценки верхнего предела мощности космического фонового излучения, полученные с помощью «молекулярного термометра». Видно, что окончательное доказательство равновесного характера принимаемого излучения, а также определение его температуры может быть получено лишь с помощью измерений спектра в субмиллиметровой области. Результаты первых двух попыток прямых измерений не приведены на рисунке из-за мелкого вертикального масштаба.



метра» на частотах, особенно близких к субмиллиметровым, не позволяют сделать окончательного вывода о равновесном характере этого космического излучения и о точном значении его температуры. Необходимы прямые измерения в субмиллиметровой области.

Основной помехой при измерениях реликтового излучения в субмиллиметровом диапазоне является земная атмосфера с ее огромным поглощением и огромной, по сравнению с измеряемой, температурой собственного излучения. Для наглядности заметим, что обнаружить трехградусное космическое излучение на фоне мощного излучения атмосферы Земли (температура которого в субмиллиметровой области равна 250—300° К) гораздо труднее, чем разглядеть царапины на отражателе в ослепительном луче прожектора. Поглощение и собственное излучение атмосферы сильно мешало и при измерениях в радиодиапазоне. Однако там влияние атмосферы все же существенно меньше, и поэтому его удавалось сравнительно надежно учитывать. В субмиллиметровом диапазоне «паразитная» засветка собственным тепловым излучением Земли на несколько порядков превосходит измеряемый поток реликтового излучения. Таким образом, субмиллиметровый спектр реликтового излучения обязательно должен измеряться за пределами земной атмосферы, причем на высотах, значительно больших, чем «потолок» современных стратостатов.

Другая трудность возникает потому, что сам измерительный тракт (мы имеем в виду те элементы, которые формируют и преобразуют пучок субмиллиметрового излучения) также является нагретым телом и тоже излучает энергию. Уже недостаточно избавиться от «паразитной» засветки атмосферой, нужно уменьшить и «паразитное» излучение самого прибора. Самый «простой» способ преодоления этой трудности — охладить весь измерительный тракт. Оценки показывают, что практически он должен быть охлажден до температуры в несколько десятков градусов Кельвина. Таким образом, условия работы элементов прибора, среди которых имеются прецизионные оптико-механические устройства, подшипники и электродвигатели, становятся очень сложными: механизмы должны работать «на холоде» при температуре —260° С! Кроме того, прибор должен надежно работать в условиях космического полета — сильных перегрузок и невесомости.

Наконец, очень сложна сама по себе задача измерения ничтожно малых мощностей, меньших 10^{-11} Вт, а именно таков порядок ве-

личины измеряемого потока реликтового излучения. Для ее решения необходимо использовать лучшие из современных приемников, причем даже тогда исследуемый сигнал немалого превосходит предельно обнаружимый.

Сложна и абсолютная калибровка приемников: необходимо ведь не только обнаружить приходящее излучение, но и сравнить его с некоторым эталонным. В настоящее время «холодные» эталоны для субмиллиметровой области еще разрабатываются.

Таковы экспериментальные трудности измерений спектра реликтового излучения. Проверка изотропности пространственного распределения этого излучения сталкивается с еще большими трудностями. Возможные отклонения от равномерного распределения излучения по небесной сфере настолько малы, что измерения должны проводиться с точностью, превышающей 0,01%. Для этого нужно, прежде всего, уменьшить поле зрения приемного устройства, что связано с уменьшением принимаемой мощности, и, кроме того, необходимо обеспечить высокую точность наведения прибора на заданный участок неба.

В настоящее время сделаны лишь две попытки прямых измерений реликтового излучения в субмиллиметровой области. 29 февраля 1968 г. американская геофизическая ракета «Аэроби» подняла на высоту 170 км охлаждаемый жидким гелием телескоп. Приемником служил охлажденный кристалл сурьмянистого индия. Предполагалось измерить суммарное излучение в диапазоне длин волн 0,4—1,3 мм. Результат оказался неожиданным: в космосе был зарегистрирован сигнал, который соответствует потоку, почти в 100 раз превосходящему ожидаемый поток трехградусного равновесного излучения. Столь большое различие ожидаемой и измеренной величины потока излучения указывает на необходимость, во-первых, более критически проанализировать источники возможных экспериментальных ошибок, а во-вторых — рассмотреть другие механизмы, объясняющие существование субмиллиметрового излучения на этих высотах. Во время полета возникли некоторые непредвиденные изменения условий работы приемника излучения, но это не поколебало доверия американских исследователей к полученным результатам.

Во втором полете, осуществленном 19 декабря 1968 г., почти полностью были повторены условия первого полета. Хотя обследованные участки неба отличались от прежних,

величина измеренного потока субмиллиметрового излучения вновь совпала с полученной в первом полете. Таким образом, эксперимент скорее поставил новые вопросы, чем дал ответ на прежние. Имеет ли это излучение космическое или атмосферное происхождение? Какова его природа? Как установить соответствие с ранее известными результатами? Данные первых экспериментов не позволяют пока сделать определенных выводов, и проблема реликтового излучения (а теперь, возможно, иного космического излучения) по-прежнему остается интригующей

загадкой, решения которой ждут от юной субмиллиметровой астрономии.

По многообразию и важности своих задач субмиллиметровая астрономия — достойный партнер уже зарекомендовавших себя инфракрасной, рентгеновской и радиоастрономии. Предшествующая история астрономии уже не раз доказывала неопределимую важность информации, получаемой при освоении новых спектральных диапазонов. Исследование космических объектов в субмиллиметровой области спектра обещает в недалеком будущем много удивительных и важных открытий.



КВАЗИЗВЕЗДНЫЕ ОБЪЕКТЫ И СКОПЛЕНИЯ ГАЛАКТИК

Известно, что больше 50% галактик и примерно 10% мощных радиисточников входят в состав скоплений. Скопления — это сотни и тысячи галактик, сосредоточенных в области размером в несколько миллионов парсек. Плотность галактик в скоплениях в десятки раз выше, чем вне их. Но сами скопления встречаются в десятки раз реже, чем отдельные галактики — примерно одно скопление приходится на объем пространства около 10^5 кубических Мегаларсек (1 Мегаларсек = 10^6 парсек).

После открытия квазаров и квазизвездных галактик, которых примерно в 50 раз больше чем квазаров, естественно возник вопрос: есть ли квазизвездные объекты в скоплениях галактик?

Ответ на этот вопрос чрезвычайно важен для понимания природы квазизвездных объектов. Если такие объекты встречаются в скоплениях галактик, то это сразу доказывает их внегалактическую природу (в чем, впрочем, сейчас уже мало кто сомневается) и становится понятным сходство свойств этих объектов с ядрами галактик. Кроме того, сравнивая красные смещения (z) галактик скопления с красным смещением квазизвездных объектов, можно разобраться, является ли красное смещение, в основном, космологическим или же оно связано с гравитационными эффектами.

Если же выяснится, что квазизвездные объекты «избегают» скоплений галактик, то это, по-видимому, будет свидетельствовать об особых условиях во время их образования. Они, например, могли возникать наравне со скоплениями галактик, но только в местах, где вещество по каким-либо причинам имело малый момент вращения, и потому смогло собраться в очень компактные объекты. Квазизвездные объекты могли образоваться и позже, чем скопления, но тогда их не должно быть при $z > 3$, что, как-будто, и наблюдается. Возможны и другие предположения о происхождении квазизвездных объектов, однако все они не более убедительны, чем предыдущие. Поэтому вернемся к вопросу о поисках этих объектов в скоплениях.

Еще в 1966 г. А. Севидж и У. Миллер (США) пытались найти скопления галактик в направлении на ближайшие квазары 3С 273 ($z \approx 0,16$) и 3С 48 ($z = 0,37$). Но им не удалось обнаружить ни одной галактики ярче 24-й звездной величины.

Недавно Дж. Бакал и Дж. Ганн (США) заново просмотрели каталоги групп и скоплений галактик, составленные Ф. Цвикки и Дж. Эйблом. Они обратили внимание на тот факт, что в направлении на некоторые близкие квазизвездные объекты ($z < 0,2$)

видны небогатые группы галактик. Но, к сожалению, они не нашли ни одного квазизвездного объекта с $z < 0,2$ в направлении на «богатые» скопления галактик.

По просьбе Бакалла и Ганна американский наблюдатель М. Шмидт получил спектры слабых галактик возле объекта В-264 (№ 264 из списка Брачези), который имеет красное смещение $z \approx 0,095$. Оказалось, что из семи исследованных галактик, расположенных около В-264, у четырех красное смещение близко к 0,095. Это доказывает, что В-264 физически связан с этими галактиками.

Вопрос только в том, объектом какого типа является В-264? Сам А. Брачези считает его квазизвездным на основании данных о непрерывном оптическом спектре, имеющем, по-видимому, нетепловую природу. Однако есть сильное подозрение, что объект В-264 — N-галактика*, поскольку его абсолютная светимость (-20^m) ниже средней абсолютной светимости квазизвездных объектов (-25^m). Кроме того, и вид непрерывного спектра в оптическом диапазоне у В-264 необычен для квазизвездных объектов:

* Подробнее о N-галактиках см. Б. В. Комберг «Снова неожиданность — N-галактики». «Земля и Вселенная», № 4, 1968, стр. 10.

интенсивность излучения очень круто падает по мере приближения к ультрафиолетовой части спектра.

Итак, до сих пор неясно, могут ли квазизвездные объекты находиться в скоплениях галактик. Нужны специальные исследования, чтобы доказать, что В-264 относится к квазизвездным объектам, а не к N-галактикам. Потому что, если объект В-264 является N-галактикой, то ничего удивительного нет в том, что он входит в состав скопления или группы галактик. Такие примеры уже известны.

Б. В. КОМБЕРГ

СНОВА О НЕОБЫКНОВЕННЫХ ЗВЕЗДАХ

Мы уже рассказывали о нескольких необыкновенных переменных звездах (см. «Земля и Вселенная», № 2, 1967 г. стр. 53). Недавно среди переменных звезд появились еще более удивительные объекты, а две из них вообще оказались не звездами...

ВЛ Ящерицы открыл в 1929 г. крупнейший немецкий исследователь переменных звезд К. Хоффмейстер. Он отметил медленные полупериодические колебания блеска от 13 до 15^м и заподозрил, что звезда может относиться к типу RV Тельца (это желтые сверхгиганты с периодом изменения блеска от 40 до 100 дней). В дальнейшем при исследовании звезды не обнаруживали ничего особенно интересного, но в 1968 г. звезда была отождествлена с радиосточником VHO 2201 + 42. Отождествление подтвердилось, когда оказалось, что совершенно необычен и спектр звезды, в котором нет никаких линий: ни линий поглощения, ни — эмиссии. Распределение энергии в спектре, данные о поляризации привели многих исследователей к выводу, что и оптическое, и радиоизлучение объекта является синхротронным. Конечно, вряд ли ВЛ Ящерицы — звезда, скорее всего это — квазар. Переменность блеска объекта сравнивают теперь не с переменностью звезд типа RV Тельца, а квазара 3С 446. Отсутствие линий в спектре не позволяет определить красное смещение, но, судя по видимому блеску, ВЛ Ящерицы — либо столь же близкий квазар, как 3С 273, либо, если он

находится на среднем для квазаров расстоянии, это — ярчайший объект Вселенной.

BW Тельца открыли в 1940 г. Х. Шепли и С. Ханли как неправильную переменную звезду, блеск которой изменяется от 13,7 до 14^м,6. Никаких других сведений о звезде не было до 1968 г., когда М. Пенстон обнаружил, что координаты звезды совпадают с координатами радиосточника 3С 120, который, в свою очередь, отождествлен с компактной галактикой, имеющей в каталоге Цвикки обозначение II ZW 0430 + +05. Есть эта галактика и в Морфологическом каталоге галактик, составленном Б. А. Воронцовым-Вельяминовым и другими. Согласно исследованиям Т. Кинмана, BW Тельца — сейфертовская галактика. В ее спектре есть эмиссионные линии, указывающие на присутствие газа. У галактики переменное ядро, блеск его в декабре 1967 — январе 1968 гг. упал вдвое. Сейчас известно уже несколько таких галактик. Переменность ядер галактик — мощный аргумент в пользу космологической природы красного смещения в спектрах квазаров, ибо их быстрая переменность не остается теперь беспрецедентной для внегалактических объектов. В природе BW Тельца не может быть никакого сомнения и потому, что известно красное смещение этого объекта, равное 0,033.

Итак, переменность ядер галактик и квазаров давно уже зарегистрирована в Общем каталоге переменных звезд! За много лет до своего открытия попали в каталог и пульсары, точнее, один из них.

СМ Тельца. Под этим названием долгие годы фигурирует в Общем каталоге переменных звезд одна из звездочек 16-й величины, находящаяся в центре Крабовидной туманности, которую В. Бааде и Р. Минковский считали остатком Сверхновой 1054 г. О переменности звезды никаких сообщений, впрочем, не было, если только не считать вспышку ее как Сверхновой... Отождествление с этой звездой пульсара NP 0532 сейчас доказано бесспорно, ибо Р. Линдс и его сотрудники обнаружили оптическую переменность СМ Тельца с периодом, в точности совпадающим с периодом радиоимпульсов (см. «Земля и Вселенная», № 3, 1969 г., стр. 11). Теперь начались чудеса и у астрономов, изучающих звезды нашей Галактики. Заметим, что превращение Сверхновой после вспышки в сверх-

плотную звезду, какой без сомнения является пульсар, теория предсказывала еще 30 лет назад. Сверхплотные тела найдены, — но как конечная, а не начальная стадия эволюции звезд...

В новом издании Общего каталога переменных звезд будет 20 437 переменных, 10 296 звезд остается в Каталогах звезд, заподозренных в переменности.

Сколько еще чудес ждут нас?

Ю. Н. ЕФРЕМОВ
кандидат
физико-математических наук

МЕЖЗВЕЗДНАЯ ВОДА И ФОРМАЛЬДЕГИД

Как мы уже сообщали, в 1968 г. американские радиоастрономы обнаружили аммиак в некоторых облаках межзвездной пыли, расположенных близ галактического центра (см. «Земля и Вселенная», № 4, 1969 г., стр. 30).

В начале 1969 г. та же группа исследователей, возглавляемая профессором Ч. Таунсом, наблюдала линию излучения водяного пара с длиной волны 1,35 см в спектрах туманности Ориона, источника W 49 и некоторых других. В спектре туманности Ориона эта линия имеет два «пика», длины волн которых соответствуют скорости приближения 30 км/сек и скорости удаления 15 км/сек. Это доказывает, что наблюдаемая линия не образуется в атмосфере Земли, так как тогда бы скорость равнялась нулю.

Почти одновременно с открытием межзвездной воды Д. Бухл и его сотрудники из Национальной радиоастрономической обсерватории Грин Бэнк обнаружили в межзвездной среде формальдегид (H₂CO) — первую многоатомную органическую молекулу. Американские радиоастрономы нашли линию поглощения формальдегида с длиной волны 6,21 см в излучении 60% источников, которые они наблюдали.

Вполне возможно, что сложные молекулы, необходимые для зарождения жизни, в изобилии содержатся в межзвездной среде.

«Sky and Telescope», 37, 5, 1969.



НАУЧНАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ НА ЛУНУ

12 ноября 1969 г. начался полет американского космического корабля «Аполлон-12» с космонавтами Ч. Конрадом, Р. Гордоном и А. Бином на борту.

Полет прошел успешно и 19 ноября Конрад и Бин уже развернули научную станцию недалеко от места посадки космического аппарата «Сервейер-3» в Океане Бурь. Станция имеет ядерный генератор, в котором радиоактивный плутоний-238 генерирует тепло, преобразуемое в электроэнергию для питания научной аппаратуры. Установлено пять приборов: сейсмометр для регистрации колебаний поверхности Луны; детектор лунной ионосферы, который зарегистрировал

ионную волну, возникшую вследствие падения взлетной ступени лунной кабины; прибор для изучения природы солнечного ветра; ионизационный манометр. Показания этих приборов поступают в центральный блок станции, которая передает их на Землю. Все приборы, ядерный генератор и центральный блок рассчитаны на непрерывную работу в течение года.

Космонавты пробыли на Луне приблизительно 31 час и за это время совершили две «лунные прогулки» общей продолжительностью семь с половиной часов.

Конрад и Бин собрали большую коллекцию образцов лунных пород общим весом около

45 кг. Одна партия образцов тщательно документирована, другая (меньшая) осталась без описания. Предполагается, что в коллекцию попали образцы пород, которые были выброшены при образовании кратера Коперник, находящегося в 320 км от места посадки лунной кабины «Аполлона-12».

Космонавты доставили на Землю некоторые части от «Сервейера-3», пробывшего на Луне почти два с половиной года. В частности: образцы алюминиевых труб, закупоренную алюминиевую трубку с земными микроорганизмами, которая находилась на борту «Сервейера-3», кусок стеклянной облицовки, обрывки проводов, скребок механической лопаты и телевизионную камеру.

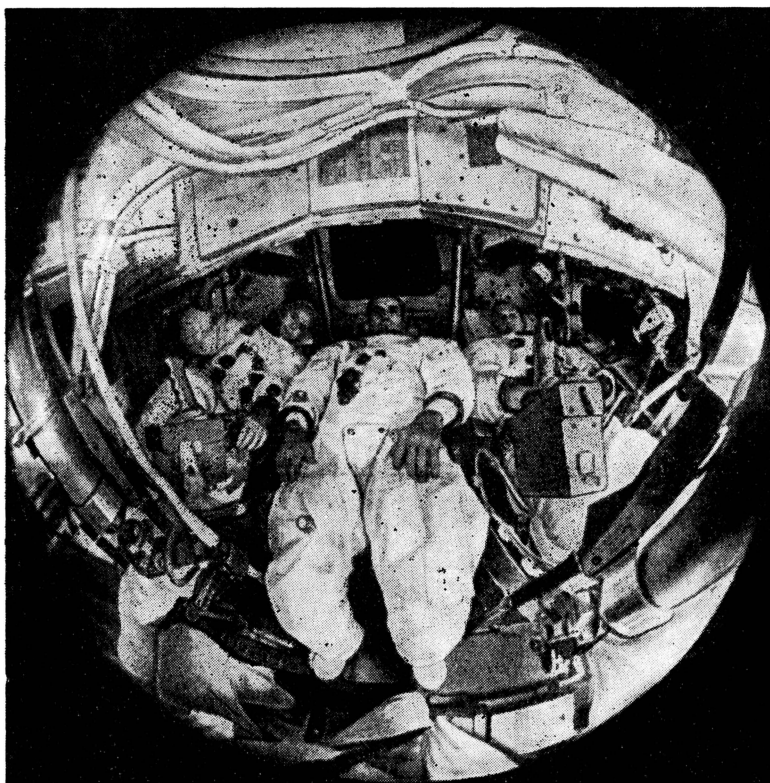
С окололунной орбиты космонавты сфотографировали часть лунной поверхности в виде сплошной полосы.

О результатах лунного эксперимента, разумеется, говорить еще рано. Важно, что человек не только высадился на Луну, но и работал там. Подтвердилось предположение, что в районах посадки много лунной пыли. Однако на месте прилунения кабины «Аполлона-12» ее оказалось меньше, чем ожидали. Толщина покрова пыли не увеличилась даже внутри соседнего кратера, который посетили Конрад и Бин.

Оказалось также, что на Луне окраска космических аппаратов приобретает другой оттенок, алюминий легко режется, провода становятся хрупкими, а синтетический материал растрескивается. Физические свойства стекла, видимо сохраняются. По словам Конрада и Бина, цвет лунного покрова меняется в зависимости от угла падения солнечных лучей.

Экипаж космического аппарата «Аполлон-12» тщательно отработал технику так называемой «прицельной» посадки в заданном районе. «Прицельная» посадка необходима для прилунения космического корабля в районе лунных гор или на дно глубоких кратеров. Именно эти лунные ландшафты представляют для науки действительно большой интерес.

Эксперимент «Аполлона-12» — новый значительный шаг после полета «Аполлона-11». Советские ученые поздравили американских космонавтов, ученых, инженеров с этим выдающимся достижением.



ЭКИПАЖ космического корабля «Аполлон-12». Слева направо: Алан Бин — пилот лунной кабины, полет на «Аполлоне-12» — его первое путешествие в космос; Ричард Гордон — пилот основного блока, пилотировал космический корабль «Джеминай-11»; Чарльз Конрад — командир корабля, был членом экипажа «Джеминай-5» и командиром «Джеминай-11»

ПОСЛЕ ПОЛЕТА «АПОЛЛОНА-11»

Семинедельные исследования, выполненные в специальной лаборатории космического центра в Хьюстоне (США), в конце-концов показали, что образцы лунных пород имеют лишь внешнее сходство с земными породами. Хотя исследованные образцы и образовались, подобно древним скальным породам на Земле, из раскаленной массы примерно 2,3—3,7 млрд. лет назад, они все же не являются близнецами своих земных «ровесников». В отличие от последних, в осколках скал Луны содержится много элементов с высокой температурой плавления, таких как титан, цирконий, хром, и весьма мало элементов с низкой температурой плавления (свинец, калий и натрий).

Чем обусловлено такое различие? Почему лунная пыль — по крайней мере, в районе Моря Спокойствия — почти на 50% стекловидна? Каков действительный возраст Луны?

Над этими и многими другими вопросами сейчас работают в своих лабораториях 106 ученых на территории Соединенных Штатов Америки и 36 ученых в восьми других странах. Из Хьюстона в специальных контейнерах вывезено 8 кг (из 22 кг) осколков скал и пыли, доставленных на Землю экипажем «Аполлона-11».

Более половины переданного для дальнейших исследований лунного материала представляет собой тончайшую пыль, напоминающую тальк. Остальная часть — образцы обломков скал в форме тонких пластинок величиной и толщиной с обыкновенную почтовую марку.

Возможно, что разнообразные и сложные эксперименты дадут такие сведения, которые, как надеются исследователи, позволят воссоздать процессы формирования лунных пород и, таким образом, уточнить наши представления об образовании солнечной системы.

Требуют дальнейшего анализа также и результаты, добытые с помощью аппаратуры, оставленной космонавтами в районе прилунения «Аполлона-11».

Лазерные лучи Ликской обсерватории Калифорнийского университета на горе Гамильтон, направленные на лазерные отражатели, позволили измерить расстояние между Землей и Луной, или, точнее, между двумя пунктами — местом высадки космонавтов и Ликской обсерваторией.

В момент измерения оно оказалось равным 365 273 км. Для того чтобы достичь точности до нескольких сантиметров, придется еще неоднократно посылать лазерные лучи и с других обсерваторий, оборудованных более мощными телескопами. А чтобы можно было использовать лазерные отражатели для проверки теории «дрейфа» наших континентов, необходимо многолетнее участие многих обсерваторий на всех континентах нашей планеты.

Экспериментаторы так и не смогли прийти к окончательному выводу относительно характера сотрясений, зарегистрированных оставленным космонавтами сейсмографом. Были ли они «лунотрясениями» или результатом ударов крупных метеоритов о поверхность Луны, или сдвигами грунта в кратерах из-за перепада температур? Эту загадку теперь можно будет разрешить только с помощью новых сейсмографов, поскольку установленный Армстронгом и Олдрином, из-за отказа командных устройств свою работу уже прекратил.

Однако есть и такие результаты полета экипажа «Аполлона-11», которые уже позволили сделать вполне определенные выводы.

Прежде всего, сделан вывод о необходимости резко повысить безопасность посадки лунного отсека на поверхность нашего вечного спутника. Для этого необходимо увеличить запасы горючего в баках лунного отсека, что может быть осуществлено лишь к 1971 г. Поэтому ученые и специалисты вынуждены пока не рекомендовать посадку следующих четырех кораблей серии «Аполлон» в районы, представляющие наибольший научный интерес.

Второй определенный вывод связан с повышением точности самого прилунения. Как оказалось, Армстронг и Олдрин прилунились примерно в 7 км от центра намеченной площадки. В связи со столь значительным отклонением были внесены изменения в технику прилунения уже следующего аппарата — лунного отсека корабля «Аполлон-12». Вносятся конструктивные изменения и в контрольную систему командного отсека новых лунных кораблей.

Наконец, рекомендовано увеличить до 9 месяцев перерывы между полетами кораблей на Луну с тем, чтобы при подготовке полета очередного корабля иметь возможность учесть результаты предыдущего. Однако в этом вопросе победу пока одержали специалисты НАСА, кото-

рых, как утверждают американская печать и американские ученые, интересуют не научные интересы, а престижные цели, цели пропаганды и технические соображения. Они поэтому согласились увеличить перерыв между полетами всего на 2 месяца: с двух до четырех.

В. В. МИХАЙЛОВ

О ДАЛЬНЕЙШИХ ЭТАПАХ ПРОГРАММЫ «АПОЛЛОН»

Запуск и посадка на Луну космического корабля «Аполлон-11» знаменует начало нового этапа в исследовании Луны. Этот этап, по существу, совпадает с началом второго десятилетия исследований Луны с помощью ракетно-космической техники. Первое десятилетие началось запуском 2 января 1959 г. советской автоматической станции «Луна-1». Данные, полученные в течение первого десятилетия после пролетных, посадочных и орбитальных экспериментов, позволили узнать многие физические характеристики Луны и ее поверхности. Но остались проблемы, которые, по мнению некоторых американских ученых, могут быть решены только путем непосредственного изучения Луны.

Именно переходом к прямым методам исследования и характеризуется начало второго десятилетия изучения Луны. Предварительный облет Луны кораблями «Аполлон-8» и «Аполлон-10», а затем высадка Армстронга и Олдрина на лунную поверхность явились началом второго этапа.

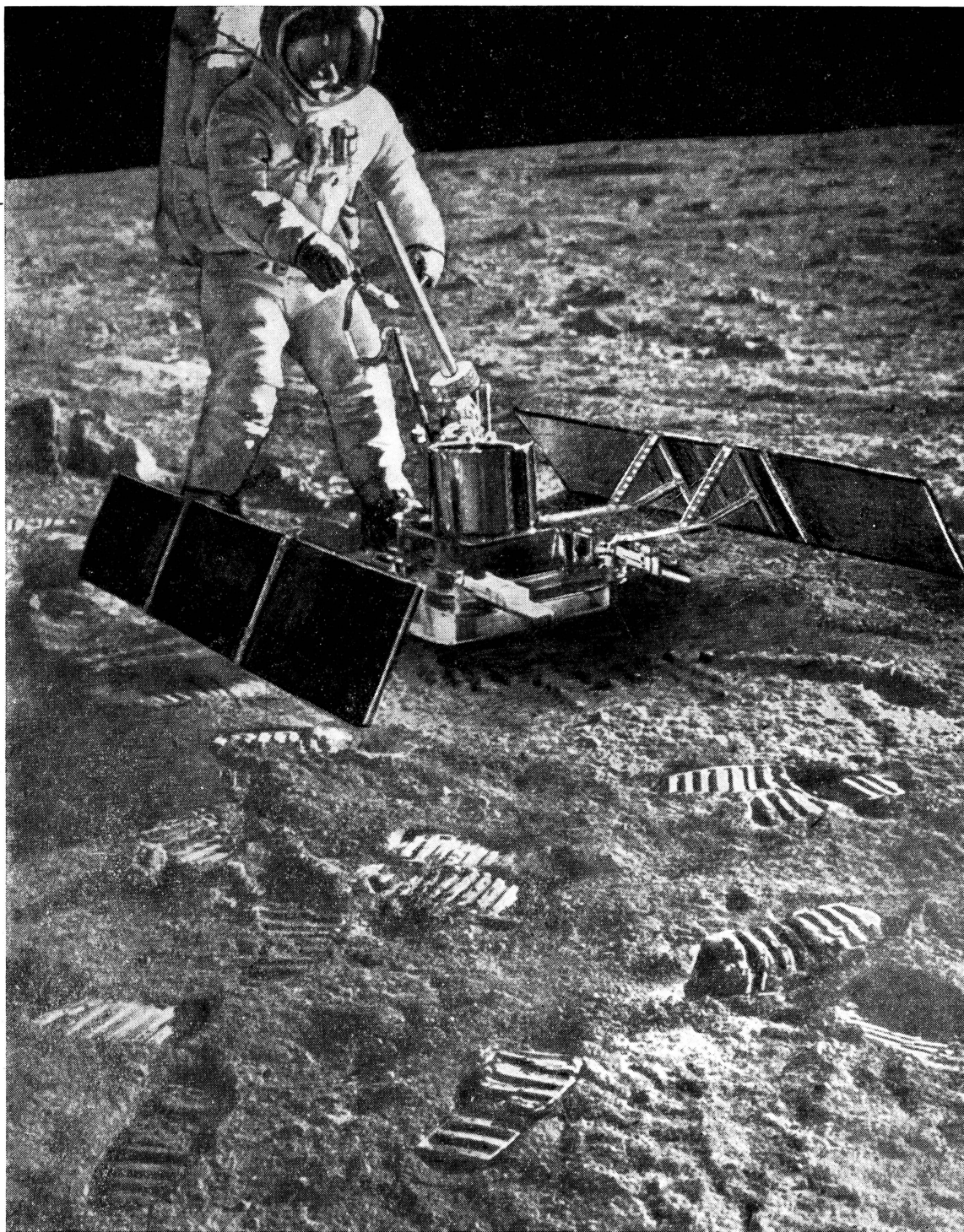
В марте 1970 г. намечен старт «Аполлона-13». Место посадки — возвышенность Фра Мауро.

В июле 1970 г. будет стартовать «Аполлон-14». Место посадки — кратер Цензорин. Пребывание на Луне 22 часа.

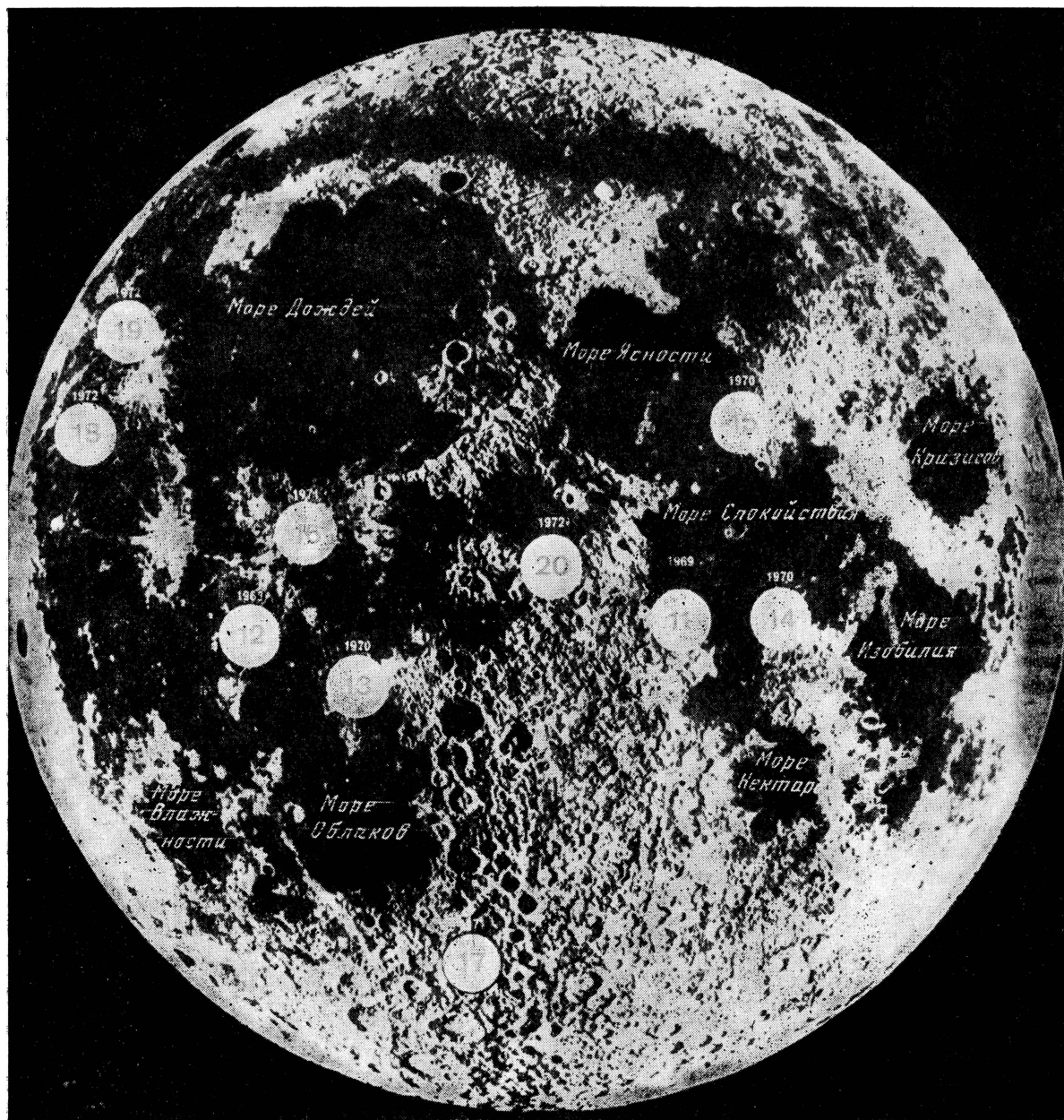
В ноябре 1970 г. отправится к Луне «Аполлон-15». Он впервые должен прилуниться точно в выбранном месте — вблизи кратера Литтлов, к северу от лунного экватора, где предполагается обнаружить следы вулканической деятельности.

В марте 1971 г. — старт «Аполлона-16». Место посадки — гигантский кратер Коперник. Усовершенствованная аппаратура и системы жизнеобеспечения должны позволить космонавтам пробыть на Луне по крайней мере 70 часов и попытаться разыскать породы, излившиеся на поверхность во время образования этого кратера.

В конце 1971 г. «Аполлон-17» попытается впервые совершить



КОСМОНАВТ ЭДВИН ОЛДРИН за работой на поверхности Луны (21 июля 1969 г.)



МЕСТА ВЫСАДОК американских космонавтов на Луне по программе «Аполлон». Цифры в кружках означают номер космического корабля серии «Аполлон»

посадку вдали от лунного экватора, в области кратера Тихо. Предполагается использовать специальные механизмы для передвижения по лунной поверхности.

Февраль 1972 г.— старт «Аполлона-18». Посадка в кратере Ма-

рий. Длительность пребывания космонавтов на Луне 70 часов.

Во второй половине 1972 г. будет стартовать «Аполлон-19» с тем, чтобы придуниться в долине Шрётера — в области, где время от времени наблюдаются загадочные свечения.

Не позднее начала 1973 г. предполагается старт «Аполлона-20». Для его посадки выбрана площадка вблизи трещины Гигин. За время 70-часового пребывания на Луне экипаж корабля должен установить, была ли когда-нибудь на Луне вода.



П. Г. КУЛИКОВСКИЙ
доцент

ПОЛУВЕКОВОЙ ЮБИЛЕЙ МЕЖДУНАРОДНОГО АСТРОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА

Развитие астрономии, больше чем развитие других наук, зависит от согласованных усилий ученых всех континентов Земли. Многие астрономические проблемы невозможно решить, проводя наблюдения с одной какой-либо точки Земли и даже с территории одной какой-либо страны. Созданный после первой мировой войны, в июле 1919 г., Международный астрономический союз (МАС) продолжил исторические традиции интернациональной кооперации астрономов, восходящие к началу XIX в., когда Ф. Бессель выдвинул проект точного картографирования звездного неба, требовавший привлечения ученых разных стран и неосуществимый одной обсерваторией.

С тех пор было проведено немало совместных работ. Не раз астрономы многих стран собирались на конференции для обсуждения планов актуальных исследований. Так, в 1884 г. в Вашингтоне собралась Международная конференция, чтобы утвердить единицы времени и длины. На этой же конференции условились считать Гринвичский меридиан нулевым. В 1887 г. была организована постоянная Международная комиссия, которая возглавила создание грандиозной фотографической «Карты неба», а в 1904 г. — Международный союз, объединивший исследователей Солнца. Следует упомянуть также о важной роли Немецкого астрономического общества (Astronomische Gesellschaft), организованного в 1863 г. Это общество имело международный характер: половину своих ежегодных съездов общество созывало за

пределами Германии, однако лишь самые видные астрономы ряда стран были избраны его членами*.

В июле 1919 г. ассамблея ученых ряда стран решила создать четыре научных союза: Чистой и прикладной химии, Геодезии и геофизики, Радио и Астрономический союз. Эти союзы объединились в Международный совет научных исследований, первым президентом которого был известный американский астрофизик Д. Хэйл. В 1931 г. совет был преобразован в Международный совет научных союзов (ИКСЮ), куда входит теперь около полутора десятков научных союзов. В настоящее время президентом ИКСЮ является академик В. А. Амбарцумян.

Вначале в Международный астрономический союз входило всего семь стран. Первым президентом был избран французский астроном В. Байо, генеральным секретарем — англичанин А. Фаулер. Астрономический союз должен был устанавливать связи между астрономами разных стран в тех случаях, когда

* Представительство в Международном астрономическом союзе организовано на более широкой, более демократической основе: национальные комитеты по астрономии сами определяют, кто из астрономов их стран будет представлен для утверждения членом союза. Исполком МАС играет при этом некоторую регулирующую роль: следит за соблюдением общности требований, предъявляемых к кандидатам, и за соответствием общего числа членов МАС из какой-нибудь страны — значительности ее вклада в развитие астрономии в целом.



О. Л. СТРУВЕ (1897—1963) — американский астрофизик, известный специалист по изучению тесных двойных звезд, вице-президент МАС в 1948—1952 гг., президент в 1952—1955 гг.

полезно или необходимо международное сотрудничество, а также способствовать развитию всех разделов астрономии. Было предусмотрено функционирование 32 отраслевых комиссий по различным проблемам или разделам астрономии*, 207 ученых стали членами МАС. На первой Генеральной ассамблее (как формально именуются съезды МАС), проходившей в мае 1922 г. в Риме, присутствовало 83 астронома из 19 стран.

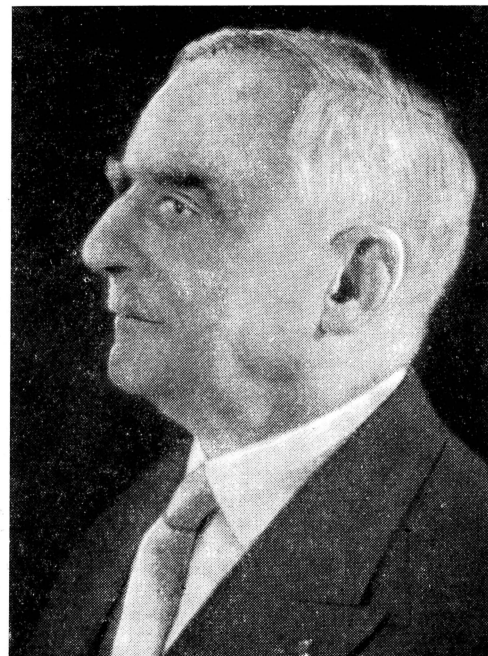
В дальнейшем МАС собирал свои ассамблеи каждые три года, исключая период второй мировой войны. После каждого съезда публикуются «Труды съезда» («Transactions»), в которых можно найти подробные отчеты о работе всех комиссий МАС за предшествующие съезду три года, а также отражение работы самого съезда.

За 50 лет своего существования МАС 13 раз собирался на свои генеральные ассамблеи: 1922 г. — Рим, 1925 г. — Кембридж (Англия), 1928 г. — Лейден (Голландия),

* В дальнейшем некоторые из первоначальных 32 комиссий МАС были ликвидированы, возникли новые. Последняя из них (46-я), созданная на съезде 1967 г. в Праге, посвящена проблемам астрономического образования.

1932 г. — Кембридж (США), 1935 г. — Париж, 1938 г. — Стокгольм, 1948 г. — Цюрих (Швейцария), 1952 г. — Рим, 1955 г. — Дублин (Эйре), 1958 г. — Москва, 1961 г. — Беркли (США), 1964 г. — Гамбург (ФРГ) и 1967 г. — Прага. Очередной XVI съезд должен состояться 18—27 августа 1970 г. в Брайтоне (Англия). Число членов МАС и участников съездов неуклонно растет; в настоящее время МАС насчитывает около 2000 членов, объединенных в 38 комиссиях. Многие ученые других специальностей привлекаются к работе различных комиссий МАС на правах «членов-консультантов».

Исполком МАС представляет Союз ИКСЮ, в различных научных союзах, межсоюзных научных комитетах и комиссиях. В период между съездами Исполком руководит работой всех комиссий и комитетов, финансирует поддерживаемые МАС научные предприятия и все его публикации. Помимо ежегодных сессий Исполкома, перед и во время Генеральных ассамблей работают специальные комитеты Исполкома (финансо-



А. ДАНЖОН (1890—1967) — французский астроном, специалист в области звездной фотометрии и позиционной астрономии, изобретатель нескольких астрономических приборов; вице-президент МАС в 1945—1952 гг., президент в 1955—1958 гг.

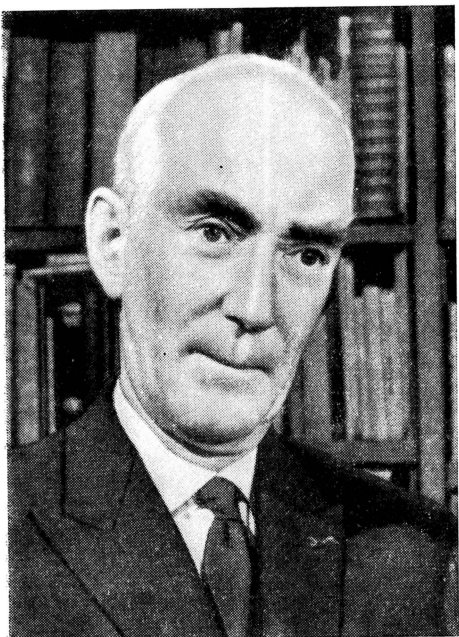
вый, комитет по обсуждению выдвинутых к избранию новых членов МАС, и другие), создаваемые из представителей всех входящих в МАС стран.

В 1935 г. СССР вступил в члены МАС и советские астрономы стали принимать активное участие в научной и организационной работе Союза. Начиная с 1945 г. советские ученые неизменно избирались в Исполком МАС: в 1945—1948 гг. вице-президентом был А. А. Михайлов, в 1948—1955 гг. — В. А. Амбарцумян, в 1955—1961 гг. — Б. В. Кукаркин, а в 1964 г. одним из шести вице-президентов был избран А. Б. Северный. В 1961—1964 гг. президентом МАС был В. А. Амбарцумян. Многие советские ученые возглавляли и возглавляют комиссии или подкомиссии, некоторые входят в Оргкомитеты различных комиссий МАС.

Следует подчеркнуть, что ввиду особой важности международной координации усилий ученых разных стран, в работе МАС и его съездов особое значение приобрела дея-



В. А. АМБАРЦУМЯН (р. 1908) — президент Академии наук АрмССР, крупнейший специалист в области теоретической астрофизики и космогонии звезд и галактик; вице-президент МАС в 1948—1955 гг., президент в 1961—1964 гг., с 1968 г. — президент ИКСЮ



Я. Х. ООРТ (р. 1900) — голландский астроном, крупнейший специалист в области изучения Галактики, кинематики звезд и радиоастрономических методов изучения строения Галактики; генеральный секретарь МАС в 1938—1948 гг., президент в 1958—1961 гг.

тельность отраслевых комиссий, на заседаниях которых происходит не только обсуждение научных проблем, но согласование планов, распределение работы между ее участниками, выработка общей методики наблюдений.

В 1938 г. в программы съездов были введены научные симпозиумы, а с 1955 г. — так называемые объединенные дискуссии, в которых какую-либо проблему обсуждают члены нескольких комиссий. Большое значение приобрели также симпозиумы, организуемые между съездами. Их тематика заранее утверждается Исполкомом МАС и публикуется в «Информационном бюллетене МАС». В СССР, например, за последние годы были проведены следующие симпозиумы: «Диаграмма Герцшпрунга — Рессела» и «Вращение Земли и атомные стандарты времени» (Москва, 1958), «Луна» (Ленинград, 1960), «Явления неустойчивости в галактиках» (Ереван, 1966), «Газовая динамика межзвездной среды» (Крым, 1969). В самые последние годы родилась еще одна форма



П. СВИНГС (р. 1906) — бельгийский астрофизик, специалист в области спектроскопии: звездной, кометной, молекулярной; вице-президент МАС в 1948—1955 гг., президент в 1964—1967 гг.

международных совещаний, посвященных обсуждению более узких вопросов, это — коллоквиумы МАС. В организации почти всех симпозиумов и коллоквиумов принимают участие советские астрономы.

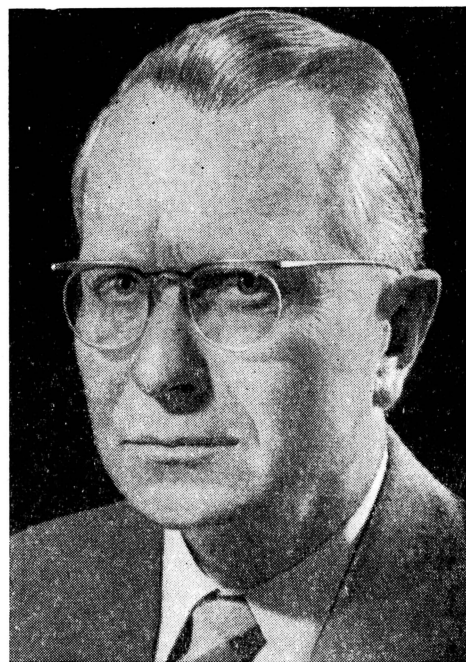
На последних трех съездах МАС были организованы своего рода «high-lights» — «вершины научной активности Генеральных ассамблей» — обзорные доклады выдающихся ученых, которые на специальных пленарных заседаниях освещают самые актуальные проблемы современной астрономии. На трех последних съездах с такими докладами неизменно выступали и советские астрономы: в 1961 г. в Беркли — В. А. Амбарцумян «Космогоническая роль ядер галактик», в 1964 г. в Гамбурге — А. Б. Северный «Магнитные поля Солнца и звезд», в 1967 г. в Праге — А. А. Михайлов «Исследования Луны».

На всех послевоенных съездах были организованы выставки инструментов и научной литературы, различные тематические экспозиции. Начиная с Московского съезда МАС во время работы каждого съезда издавалась ежедневная газета или бюллетень, демон-

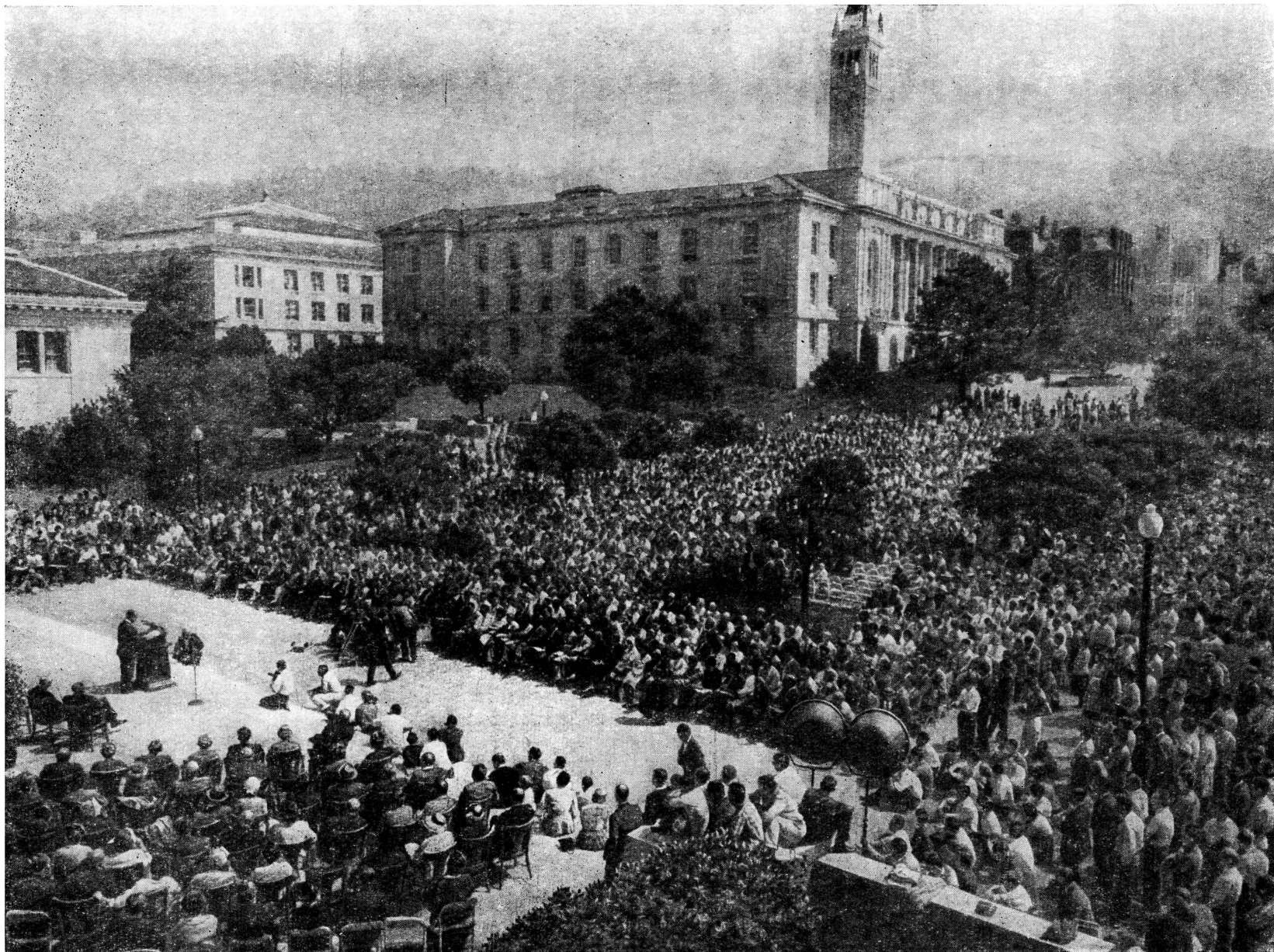
стрировались уникальные кинофильмы (например, фильмы, отражающие достижения в изучении космоса).

К съездам выходит в свет первый вариант отчетов о деятельности Исполкома и президентов всех комиссий и комитетов за предшествующие три года. После всех возможных исправлений и дополнений этот том издается «набело» как первый том «Трудов съезда». Все симпозиумы также издают свои труды, содержащие изложение докладов и обычно очень ценной дискуссии. Ряд комиссий систематически выпускает свои «Информационные циркуляры».

Денежные средства Международного астрономического союза, состоящие из взносов стран-членов МАС и денег, выделяемых ЮНЕСКО, расходуются на субсидии ряда международных работ, на организацию симпозиумов, коллоквиумов и издание их трудов. Международный астрономический союз содействует молодым астрономам в посещении других стран с целью усовершенствования или проведения работы на больших или специальных инструментах. Союз систематически поддерживает такие работы, как составление и издание гелиографических карт фотосферных явлений, эфемерид малых



О. ХЕКМАН (р. 1901) — астроном ФРГ, специалист в звездной астрономии и релятивистской космологии; вице-президент МАС в 1955—1961 гг., президент с 1967 г.



Открытие XI съезда МАС в Беркли в 1961 г.

планет, завершение издания «Карты неба» и многие другие.

Несмотря на «языковой барьер» на съездах МАС неизменно господствует стремление к взаимопониманию и активному деловому сотрудничеству. Обсуждение наиболее актуальных проблем современной науки, выработка программ совместных работ и согла-

сование методики наблюдений и исследований способствуют быстрому прогрессу науки как в национальных рамках, так и во всем мире. Советские астрономы рассматривают участие в работе Международного астрономического союза как свой вклад в дело укрепления взаимопонимания между всеми народами ради мира во всем мире.

НОВЫЕ КНИГИ О ЗЕМЛЕ И ВСЕЛЕННОЙ

ПРАКТИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО ПО АСТРОНОМИИ

Удивительно широк круг интересов голландского астронома М. Миннарта. Биолог по образованию, он — один из руководящих деятелей Международного астрономического союза и неутомимый наставник голландских любителей астрономии, один из создателей лучшего современного атласа спектра Солнца, автор классических работ по фотометрии и научно-популярной книги «Свет и цвет в природе», переведенной на многие языки.

В 1969 г. вышла в свет еще одна книга профессора М. Миннарта «Практические работы по элементарной астрономии*». Книга невелика по объему (245 не слишком убогисто напечатанных страниц обычного формата учебников), но в ней приведено описание 74 работ, охватывающих всю современную астрономию — от первого знакомства с небом и основ работы с телескопом до принципов небесной механики, звездной и планетной фотометрии, анализа кривой роста, изучения переменных и двойных звезд, исследования звездных движений и даже радиоастрономии. Конечно, книга не может заменить учебник. Ее цель — указать простые и ясные пути решения разнообразных астрономических задач. Профессору Миннарту, 25 лет преподававшему в Утрехтском университете, это вполне удалось.

* М. С. J. Minnaert. «Practical work in elementary astronomy». D. Reidel Publishing Company, Dordrecht — Holland, 1969.

Можно думать, что перевод ее очень пригодился бы не только астрономам-студентам и бывшим студентам, но и многим любителям астрономии.

КНИГА О НЕБЕСНЫХ ТЕЛАХ И ИХ НАБЛЮДЕНИИ

Любителям астрономии будет интересно познакомиться с новой книгой основоположника советского планетоведения Героя Социалистического Труда академика АН УССР Н. П. Барабашова «Природа небесных тел».

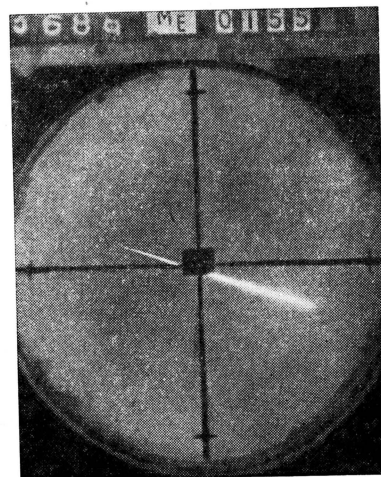
В доступной и увлекательной форме в ней дается обзор современных представлений о солнечной системе, физических условиях на Луне и планетах, о Вселенной за пределами солнечной системы, а также содержатся сведения из общей астрономии, необходимые для проведения самостоятельных астрономических наблюдений.

Обобщая свой богатый опыт, автор, начавший исследования еще в школьные годы, рассказывает, как самому проводить наблюдения небесных тел и явлений — двойных и переменных звезд, метеоров, комет, Солнца Луны, планет, искусственных спутников Земли и т. д. невооруженным глазом, в бинокль и телескоп.

Книга издана небольшим тиражом в конце 1969 г. Харьковским государственным университетом имени А. М. Горького (Харьков-3, Университетская, ул., 16. Издательство ХГУ).

Заказы на книгу можно направлять в адрес издательства ХГУ.

ФОТОГРАФИЯ ПОЛЕТА МЕТЕОРИТА ВИЛН



ПОЛЕТ МЕТЕОРИТА Вилн 6 февраля 1967 г.

Примерно половина из 1800 известных сейчас метеоритов наблюдалась при падении. Однако лишь 7 апреля 1959 г. в Чехословакии удалось сфотографировать специальной метеорной камерой падение 9-килограммового метеорита Пр ж и б р а м. Обработка снимков впервые дала объективные данные о скорости, орбите, свечении и других физических процессах, происходящих при движении метеорита в атмосфере. Полет еще одного метеорита сфотографировали канадские астрономы.

6 февраля 1967 г. в 1 час 55 минут 30 секунд всемирного времени над провинцией Альберта (Канада) с запада на восток пролетел яркий болид. В Канаде в это время был еще вечер (5 февраля). Тысячи очевидцев наблюдали огненный шар, беззвучно пронесшийся по наклонной траектории, и ощутили дошедшую через несколько минут до земли

ударную волну. Болид был не слабее -10-й звездной величины. Он ярко осветил местность: в некоторых местах даже сработали фотоэлементы, выключающие уличное освещение. Почти все свидетели заметили характерные быстробегущие тени от домов и деревьев. Удары, грохот и гул от воздушной волны переполошили жителей на территории поперечником 130 км. Сотрясение почвы оказалось столь сильным, что приборы сейсмической станции близ провинциального центра Эдмонтон зарегистрировали землетрясение.

Трассу болида удалось определить с большой точностью главным образом потому, что в это время в городе Минук работала фотокамера службы полярных сияний. Широкоугольные 180-градусные камеры этой службы позволяют получать на одном кадре снимок всего небосвода. К сожалению, изображение было в этот вечер плохим — мешала дымка. Из сопоставления показаний очевидцев с фотоснимками установили, что на высоте 53 км болид достиг заметной яркости, на высоте 30 км произошли вспышки и дробление, а в 13 км от земли метеорное тело рассыпалось на куски, которые как сноп искр про-

слеживались еще несколько километров.

Вычисленное место падения оказалось в лесистом и обильном озерами районе. Несколько поисковых групп тщательно обследовали местность. И одной из них посчастливилось: на льду замерзшего озера было подобрано два метеоритных осколка, правда, очень маленьких — 48 и 94 мг. По названию ближайшего поселка метеорит получил наименование Вилн.

«The Journal of the Royal Astronomical Society of Canada», 63, 2, 1969.

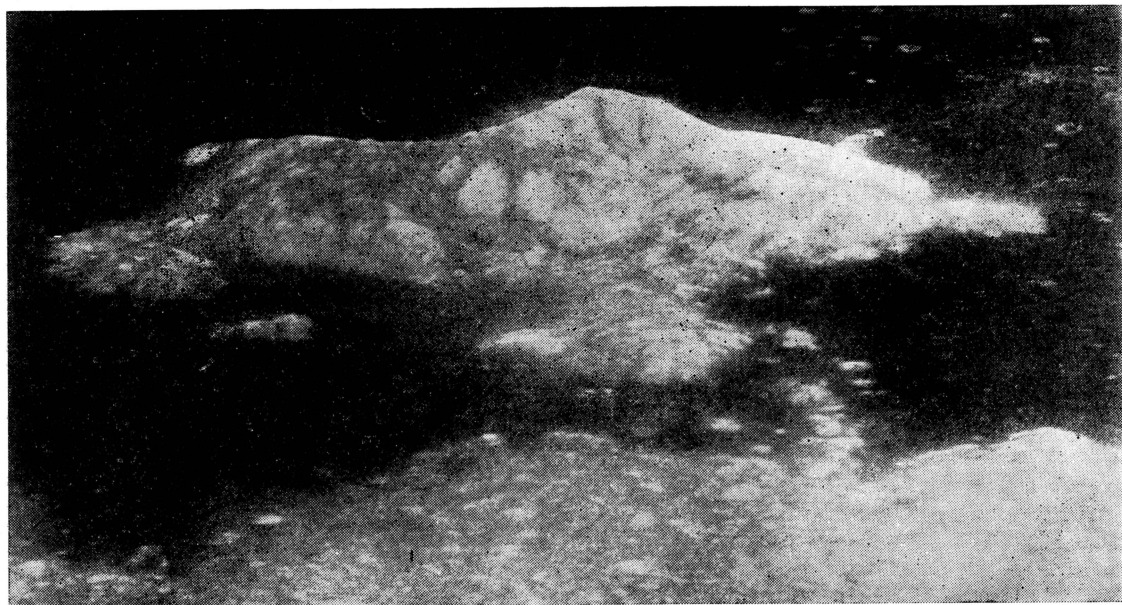
ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ЛУННОГО КРАТЕРА ЦИОЛКОВСКИЙ

Полевые геологические изыскания на Луне пока еще не проводились. Однако крупномасштабные снимки ее поверхности, полученные с близкого расстояния различными космическими аппаратами, уже позволяют делать довольно подробные выводы о строении отдельных формаций. Недавно английские ученые

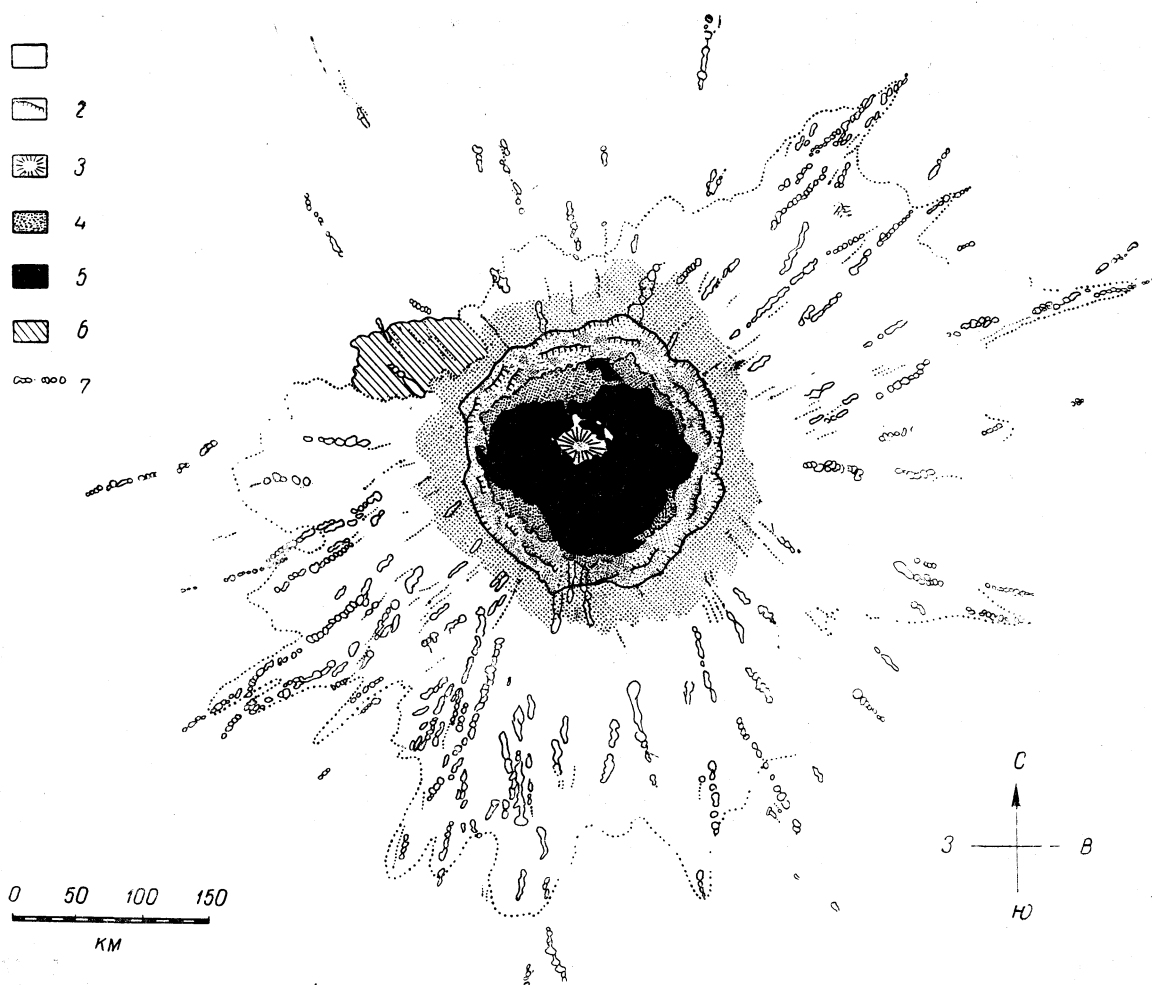
Дж. Гест и Дж. Марри, используя аэрогеологические методы, исследовали кратер Циолковский.

Кратер расположен на обратной стороне Луны в гористой континентальной области: его координаты: 22° ю. ш. и 128° в. д. Среди других кратеров он выделяется поразительно темным дном, над которым поднимается яркая центральная горка. Ее сверкающий на солнце 25-километровый массив возвышается как остров над мрачным черным озером и выглядит на фотографиях очень эффектно.

Гладкое, слегка волнистое дно кратера, очень темное даже в лунный полдень, по-видимому, представляет собою обширное (11 500 км²) излияние базальтовой лавы. У подножья вала кратера оно соприкасается и местами перекрывает пояс бугристого шлакоподобного вещества. Далее поднимается почти круглый кольцевой вал, имеющий по гребню диаметр около 180 км. Его внутренний склон изрезан неправильными, но, в общем, концентрическими уступами террас. На снимках видно, что это — оползни сравнительно позднего происхождения. Протяженный (до 35 км) внешний скат вала более полог, но и на нем заметны све-



ТАК ВЫГЛЯДИТ с высоты 110 км северная сторона центральной горки кратера Циолковский. Снимок сделан с космического корабля «Аполлон-9» в декабре 1968 г.



ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА кратера Циолковский: 1 — вал, 2 — внутренний террасированный склон, 3 — центральная горка, 4 — шлаковидный материал, 5 — базальтовые излияния, 6 — поток выбросов, 7 — кратерные цепочки и борозды

жие осыпи, кое-где разрушившие небольшие кратерки.

Вокруг вала кратера прослеживается, местами даже на 300 км, лучистая система выбросов. Обращает на себя внимание билатеральная (двусторонняя) симметрия этой системы относительно оси, проходящей с юго-востока на северо-запад. Своеобразна поверхность насыпного материала: больше всего там радиально вытянутых струй, гряд и ложбин, которые местами сменяются правильными рядами холмов, похожих на барханы. Такой рельеф

оставляет за собой базисная волна — мощный поток нагретых газов, насыщенных пылью, пеплом и обломками, — стремительно растекающаяся по поверхности. Базисная волна возникает при ядерных и химических взрывах. Все поле выбросов испещрено многочисленными мелкими кратерами. Часто кратеры образуют ориентированные по радиусам длинные цепочки. В некоторых местах плотность кратеров размером от 0,33 до 1,33 км достигает 70×100 км. К северо-западу от кратера лежит участок с характер-

ными плавно изогнутыми бороздами, которые являются признаком вязкого течения. Поэтому участок был назван «поток выбросов».

Исследователи считают, что морфологические особенности кратера Циолковский свидетельствуют о его ударно-метеоритном происхождении. Вулканические явления играли в формировании этого кратера второстепенную роль.

«Planetary and Space Science»,
17, 1, 1969.

В. Д. ПОВОЛЯЕВ

А БАШНЯ ВСЕ ПАДАЕТ...

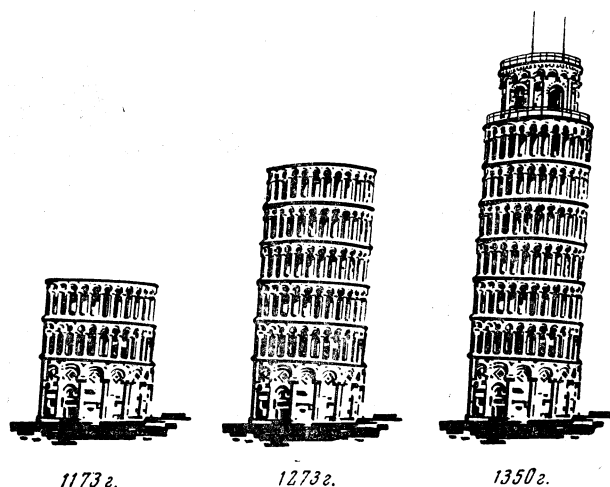
Южная ночь темна, горяча и непродолжительна. Прибежавший с моря ветерок не мог справиться с духотой, и подрядчик Бонанно, страдавший от жары и бессоницы, медленными шагами вышел на улицу. Миновав несколько богатых домов, он остановился перед делом рук своих — башней. Башня... Через несколько лет она возвысится над городом, как стяг на длинном римском древке. В темноте Бонанно обошел кампанилу. Уже построено три этажа, с рассветом начнут закладывать четвертый...

Неожиданно зоркий глаз подрядчика заметил, что башня как-будто наклонилась. Или это иллюзия обманщицы-ночи? Бонанно поспешно отошел в сторону шагов на тридцать, чтобы проверить страшную догадку. Но мрак поглотил башню...

С первыми лучами солнца подрядчик был на кампаниле и по отвесу определил, что сооружение, заказанное ему богатыми гражданами Пизы, действительно падает... В то утро подрядчик исчез. И сколько ни искали его городские стражники, найти не смогли — подрядчик как сквозь землю провалился. Так, еще 800 лет назад Пизанская башня начала падать. Строительство было приостановлено: никто не хотел браться за рискованный труд. Упадет башня — хлопот не оберешься...

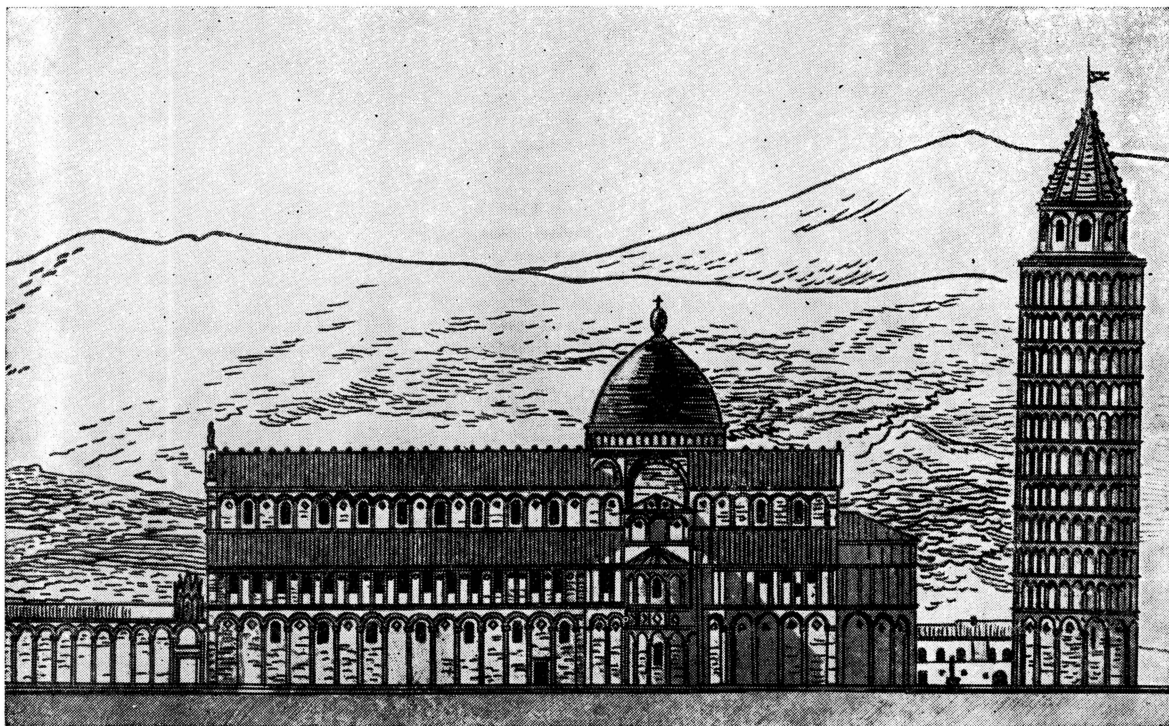
Сегодня читатель, просматривая многочисленные литературные источники, найдет единственное стереотипное утверждение, что строителем башни был Бонанно Пизанский. «Пизанский» добавили потомки, так как в средневековой Италии фамилий не существовало.

Фотоматериалы и чертежи предоставил инженер Д. И. Малков, юмористические рисунки выполнил автор очерка журналист В. Поволяев.



*ИЗОБРЕТАТЕЛЬНЫЕ И СМЕЛЫЕ ПИЗАНЦЫ
упорно достраивали падающую колокольню*

— Слава эта незаслуженная, — говорит знаток истории Пизанской башни московский инженер-строитель Давид Малков, — и доказать это легко. Взглянув даже мельком на проект Пизанского ансамбля, нетрудно заметить, что он начертан одной очень искусной рукой... Чьей? Во всяком случае, не рукой подрядчика Бонанно. Бонанно строил лишь одну колокольню, да и то допустил колоссальную ошибку при закладке фундамента, — и башня начала падать. Авторами же большого ансамбля, в который входил собор, крестильня (баптистерий), колокольня и кладбище, были архитекторы Бускетто и Райнальдо. Средневековые источники это подтверждают. Именно Бускетто и Райнальдо



начали в 1063 г. строительство собора... Баптистерий же был выстроен между 1153 и 1273 гг. Обратите внимание на то, что по своему композиционному решению баптистерий нарушает общий вид проекта: его купол построен на уровне техники второй половины XIV в. и имеет совершенно несвойственные XII в. очертания...

Но... вернемся к осиротевшей Пизанской башне. В 1273 г. герцог Пизы, заботившийся о том, чтобы годы его правления ознаменовались великими свершениями, приказал продолжить строительство башни. За это взялся подрядчик Джованни ди Симоне. Зная, что башня может упасть, ди Симоне сознательно строил неровные этажи: с наклонной южной стороны все этажи были выше, чем на противоположной стороне башни (четвертый этаж на 5 см, следующие — на 7 и 9 см). Так башня стала саблевидной. Сделано это было с целью сместить центр тяжести сооружения в сторону, противоположную падению. Но за 2 года строительства башня все же отклонилась от вертикали в общей сложности на 50 см. И нервы Джованни ди Симоне не выдержали. Он повторил «маневр» своего предшественника Бонанно,

тайно покинув Пизу. Вторично осиротевшая башня простояла до 1350 г. К этому времени вершина башни отклонилась уже на 93 см.

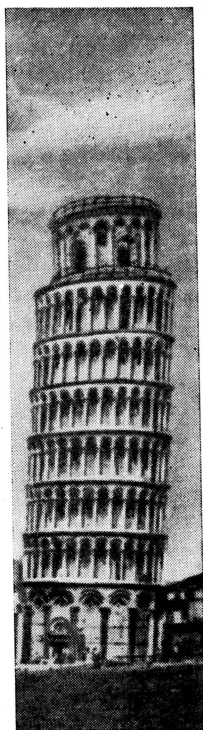
Третьим «крестным отцом» кампанилы стал Томмазо Пизано. Хитрый и ловкий человек, понимавший, что его судьба полностью зависит от благодушия богатых горожан, он уговорил сиятельного герцога Пизы не испугать судьбу и отказаться от проекта, созданного 200 лет назад архитекторами Бускетто и Райнальдо. Томмазо Пизано предложил вместо теремковой крыши после седьмого этажа соорудить звонницу и на этом закончить строительство. Подумав, герцог нашел предложение резонным и согласился.

Томмазо Пизано поднял наклонную сторону седьмого этажа на 11 см, звонницу же «завалил» в сторону. Итак, восьмиэтажная, саблевидная башня со смещением верха на 1 м 43 см была торжественно сдана герцогу Пизы. Над городом потянулся густой звон тяжелых колоколов — башня ожила.

Однако мы не рассказали о первоначальном проекте Бускетто и Райнальдо. Наступила пора поговорить и о нем.

На проекте, дошедшем до нас сквозь мглу веков, — прекрасное и строгое сооруже-

ПЕРВОНАЧАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ
ансамбля на Соборной площади.
Справа — Пизанская башня се-
годня. Ее верх сместился от вер-
тикали на 4 м 36 см 8 мм!



ние. Его высота 96 м («отредактированный» подрядчиками вариант составляет всего 54,5 м); десять из одиннадцати этажей (в действительности их только 7) имеют колоннадные лоджии; нижний этаж, удвоенный по высоте, — глухой; композицию башни завершает звонница. Это как бы двенадцатый этаж, увенчанный высокой теремковой кровлей и флюгером. Увы, от первоначального замысла осталось очень немного.

Почему же кампанила все-таки начала заваливаться? По самым последним вычислениям итальянской комиссии, наблюдающей за башней, вес кампанилы равен 14 200 т, т. е. на 1 см² грунта приходится давление в 5 кг. Даже на уровне строительной техники XI—XII вв. это было грубым нарушением «техники безопасности». При такой нагрузке под фундамент обязательно должны подводиться сваи. Но о сваях не упоминается ни в одном из официальных источников. Может быть, их вообще нет? Подрядчик Бонанно Пизанский заработал, по-видимому, немалые деньги на сваях, и поскольку в Италии тех времен не было бдительных стражей закона, ему удалось скрыться. Несмотря на это Пизанская башня стала одним из самых

популярных сооружений в Италии, особенно в последние годы. Ее успех у туристов огромный...

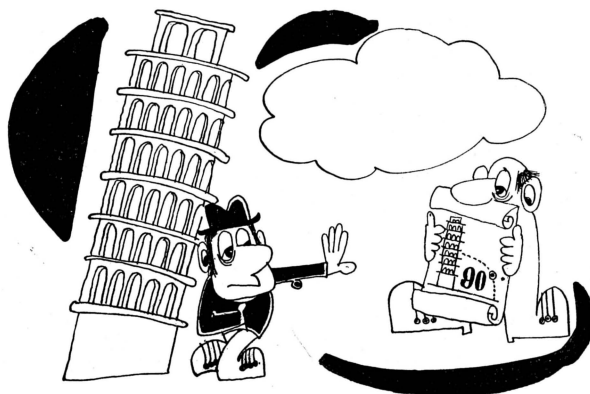
В 1902 г. в Италии произошло событие, заставившее правительство всерьез заняться проблемой охраны ценных памятников архитектуры. 14 июля 1902 г. в Венеции рухнула знаменитая башня Св. Марка, очень известная, очень дряхлая, с непрочным грунтом под фундаментом. Можно было наблюдать любопытное зрелище. Дружные венецианцы никого не подпустили к развалинам, в молчаливом, не типичном для них, спокойствии собрали останки башни, погрузили в лодки и вывезли в открытое море. Никто из посторонних не видел, как были утоплены камни башни Св. Марка. Зачем это понадобилось итальянцам? Причина простая: Венеция боялась, что жадные до диковинок туристы развезут по всему свету камни башни (на память) и разнесут молву, что знаменитая кампанила перестала существовать.

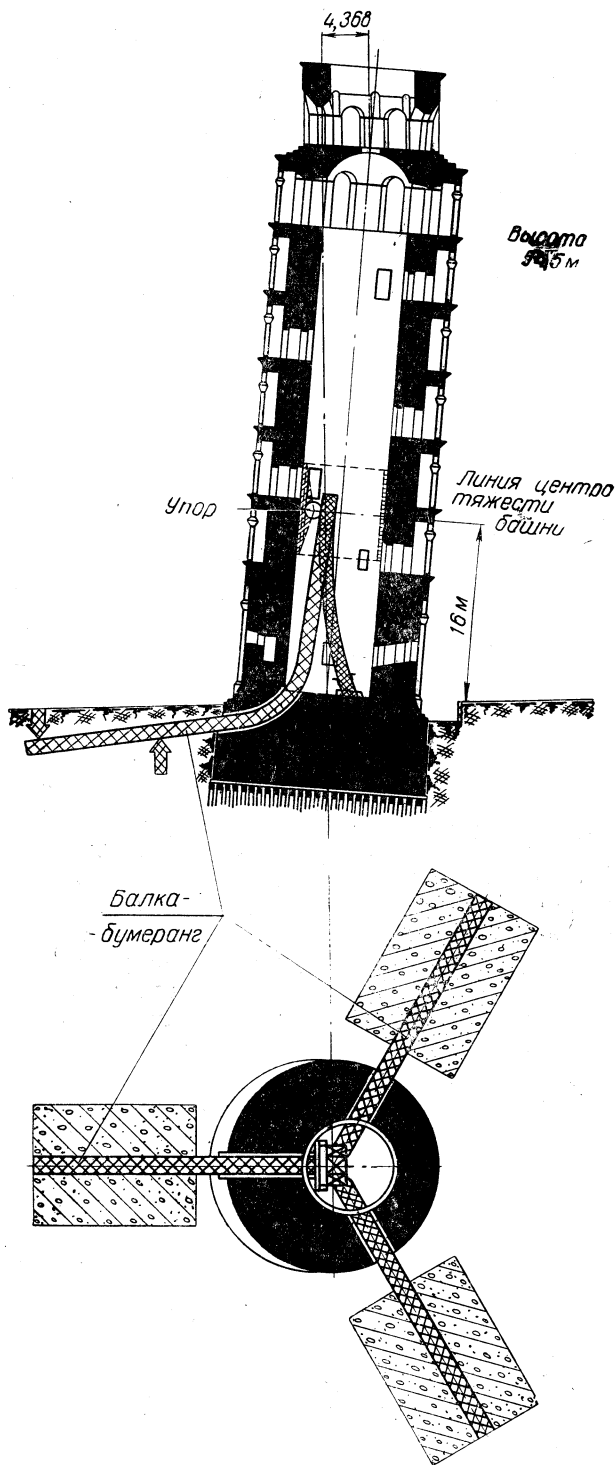
Через 10 лет башня Св. Марка была выстроена вновь, и сегодня венецианские гиды предпочитают не рассказывать о том, что произошло в 1902 г.

Многие считают, что участь башни Св. Марка ожидает и пизанскую колокольню. Но мыслящее человечество делает все, чтобы не дать пизанской башне «пасть ниц». В Итальянский парламент внесли на утверждение проект закона об объявлении международного конкурса на лучший проект сохранения башни.

Чего же хотят пизанцы?

Условие первое. Башня должна остаться наклонной. О выпрямлении ее и речи быть





ПРОЕКТ советского инженера-строителя Д. Малкова. В колодце башни, на уровне центра ее тяжести (16,7 м от поверхности земли) монтируется металлическое кольцо. Основание башни прорезают три фермы-бумеранга, которые сходятся в одну вертикальную стойку на уровне кольца. Каждая ферма крепится к одному из трех новых фундаментов. На эти фундаменты распределится давление при очередном наклоне башни, и угол наклона не будет возрастать

не может, потому что пизанская башня — хлеб города, живущего только за счет туго набитых кошельков туристов (а их ни много, ни мало — 6 млн. ежегодно), приезжающих в Пизу только затем, чтобы посмотреть на «оригинальную» колокольню, что целых 800 лет валится на бок... «Пусть лучше она развалится и мы еще 500 лет будем показывать туристам обломки, чем она выпрямится», — говорят пизанцы.

Условие второе. Колокольня должна остаться на том месте, где она стоит сегодня. Ее нельзя передвигать, иначе ансамбль потеряет свою композиционную цельность.

Условие третье. Внешний вид колокольни должен остаться прежним. Итальянцы не соглашаются ни на какие пристройки-опоры, а также на проект расширенного первого этажа. (В нем, по замыслу, должен разместиться ресторан.)

Условие четвертое. Стоимость работ по консервации башни должна быть минимальной.

За последние 60 лет пизанцы получили более 1300 проектов (можно верить и сведениям, что их около 11 000). Было проведено более 10 внутриитальянских конкурсов, но ни один из проектов не был принят.

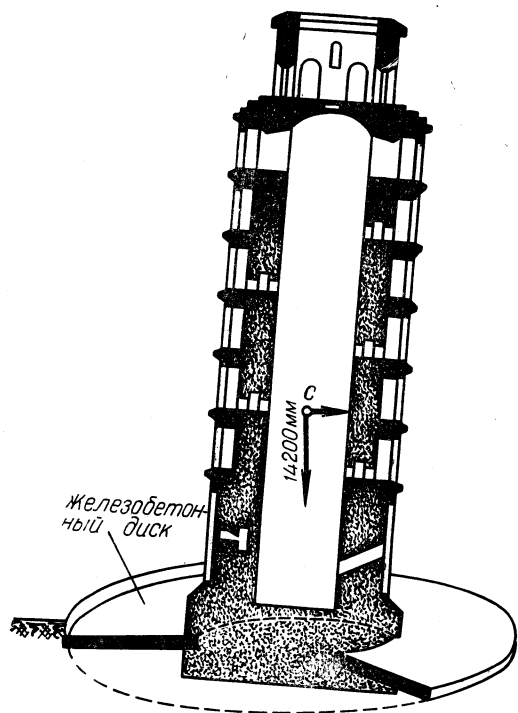
В СССР тоже немало специалистов-энтузиастов, равнодушных к судьбе кампанилы. Проекты энтузиастов поступают в Общество «СССР — Италия». Лучшие из них будут направлены на конкурс.

Ежегодно, 19 июня, в 5 часов утра измеряется смещение верха башни с точностью до тысячных долей миллиметра. Затем публикуются сообщения, на сколько миллиметров «постарела» башня за год.

Предусмотрительные пизанцы застраховали свое сокровище, и в случае катастрофы они получают круглую сумму. Но застраховали они ее только на случай падения. Никто не мог предположить что 19 марта 1969 г. башня загорится. Вспыхнули провода, проложенные в полу каждой лоджии, для ночного подсвета. Пожар «заметил» один из ста кинофотоавтоматов, расположенных вокруг...

Но вернемся к проектам спасения башни. Из всех обсуждавшихся на страницах печати наиболее известны проекты Г. Колонетти, Р. Цебертовича, Д. Малкова и Е. Страздина.

В проекте итальянского профессора Г. Колонетти предусматривается установка 15 мощных домкратов (грузоподъемность каждого 1000 т). Расположенные вокруг башни, они выполняют роль временного фундамента. Башня, «одетая» в жесткий металлический барабан, который будет поставлен на подушки



ПРОЕКТ советского инженера Е. Страздина. Вокруг всей башни из фундамента выбирают камень и в образовавшийся паз встраивают железобетонный диск. Давление башни распределяется на этот дополнительный фундамент — ее падение замедляется

домкратов, «отрывается» от фундамента на 2—3 мм. Освобожденный от нагрузки фундамент расширяется, укрепляется... Башня осторожно опускается на упрочненное ложе. Стоимость этой работы по оценке фирмы «Фиат», взявшей было за подряд, равна 15 млн. долларов. Пизанцы отметили дороговизну проекта.

Второй проект был предложен профессором Р. Цебертовичем (ПНР). Он считает, что вокруг основания башни надо установить несколько труб-электродов, наполненных специальной жидкостью. Под действием постоянного тока, пущенного по корпусу труб, жидкость будет циркулировать и, таким образом, осушит болотистую почву вокруг фундамента башни. Такой метод осушения почвы был открыт в начале XIX в. профессором Московского университета Ф. Ф. Рейссом и получил название электрогеоосмоса. Пизанцам понравился проект Р. Цебертовича, и работа по спасению башни с помощью электрогеоосмоса

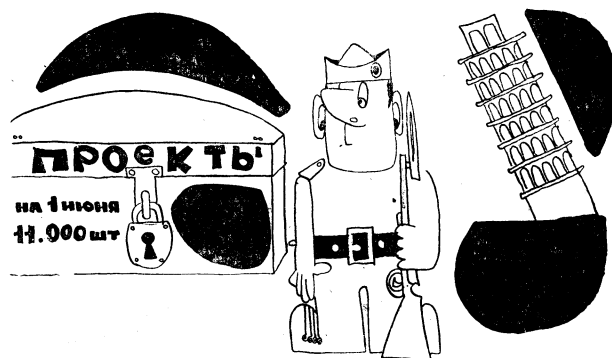
была проведена. Но наклон башни — увеличился!

Третий проект был предложен советским инженером Д. Малковым. Советский строитель считает, что вокруг башни надо поставить три новых фундамента, не связанных с существующим, а в основании выдолбить три отверстия, в которые будут пропущены фермы-бумеранги. На уровне центра тяжести башни бумеранги сойдутся в одну вертикальную стойку. Стойка пройдет через металлическое кольцо, и башня облокотится на растрепленную колонну — «сядет» на вилку, составленную из трех рожек-бумерангов. Стоимость этой работы около 2 млн. долларов. Оказалось, что и 2 млн. долларов для сегодняшней Пизы — большие деньги. И вот инженер Д. Малков предлагает пизанцам остроумный способ обогащения... Когда в фундаменте будут долбить отверстия для ферм-бумерангов, в руках пизанцев окажется около 42 м³ старого мрамора. И если этот мрамор распиливать на небольшие кубики, то можно его продать в качестве сувениров. Какой турист устоит перед соблазном и откажется привезти домой кусочек Пизанской башни? Сувенир будет редким... Сумма же, вырученная от продажи этих «кубиков», полностью покроет расходы на консервацию кампанилы, и... будет доход в 3 млн. долларов.

Печать многих стран отметила, что проект Д. Малкова самый оригинальный и с инженерных, и с финансовых позиций.

Гора проектов растет... С каждым годом о Пизанской башне ходит все больше и больше анекдотов, туристы же все охотнее и охотнее приезжают в город поглазеть на знаменитую диковинку.

А башня все падает и падает...



ГИПАТИЯ—ДОЧЬ ТЕОНА

«Когда ты предо мной, и слышу речь твою,
Благоговейно взор в обитель чистых звезд
Я возношу,— так все в тебе, Ипатия,
Небесно — и дела, и красота речей,
И чистый, как звезда, науки мудрой свет...»

(Паллад, один из последних языческих
греческих поэтов. VI в.)

Вряд ли кто из читателей, если он хотя бы немного знаком с историей астрономии, не слышал этого имени, не прочитал двух-трех строк, чаще рассказывающих об ужасной смерти, нежели о жизни этой необыкновенной женщины, которую отделяют от нашей эпохи полтора тысячелетия. О жизни Гипатии, и в самом деле, известно немного, причины ее трагической гибели также описываются по-разному и небеспристрастно... в зависимости от того, принадлежит ли автор к христианской религии, язычеству или является атеистом. Почему?

Почему, несмотря на скудные сведения о Гипатии*, судьба ее на протяжении веков не перестает привлекать внимание? Не только современник, преданный ученик и друг Гипатии, впоследствии епископ Птолемаиды и ученый Синезий обращается к ней с благоговейными словами «моя мать, моя сестра, моя учительница». Ее прославляет поэт VI в., называя «светлой звездой мудрого учения». О ней пишут языческие и христианские писатели раннего средневековья. Историк и философ XIV в. Никифор Григор рассказывает о существовании в его время пословицы «вторая Ипатия», употреблявшейся по отношению к особо ученым женщинам. Необыч-

ная судьба Гипатии сделала ее «святой» для языческих писателей X в., которые считали ее жертвой властолюбия и фанатизма архиепископа Кирилла. Более того, многочисленные историки христианской церкви тоже не забыли этого имени, создав по образу и подобию Гипатии «свою», христианскую святую-великомученицу — Екатерину Александрийскую (кстати, в святые попал и пресловутый архиепископ, виновницей же трагедии выставившись «чернь»).

Между тем с течением времени в описании причин гибели Гипатии на место частностей — конфликта личностей все более определенно выступали общие, истинные причины — конфликт идеологий. В начале XVIII в. Гипатия становится героиней антирелигиозных памфлетов английского писателя Д. Толанда, позднее — Вольтера и других. Особое внимание к ней проявляется в XIX в.: тщательно собираются все имеющиеся сведения о ней*, ее биография рассказывается в публичных лекциях, ей посвящаются труды по истории математики, докторская диссертация, стихи, картины, три романа**... И даже в том, что во всех этих произведениях авторы весь-

* Помимо сохранившихся 7 писем епископа Синезия, наиболее ранние сведения о Гипатии имеются в толковом греческом словаре византийского лексикографа конца IX — начала X в. Свиды.

* R. Hoche. «Hypatia, die Tochter Theons». (Philologus, XV, 1860, 435—474).

** Наиболее известен Ч. Кингсли. «Ипатия, или новые враги под старой личиной». Спб., 1893, 2 т.; то же, М., 1936, 1 т. (русс. пер.)



АПОЛЛОНИЙ ПЕРГСКИЙ В АЛЕКСАНДРИЙСКОМ МУЗЕУМЕ (из книги Л. Физье «Светила науки от древности до наших дней». Спб.— М., 1869—1873, т. 1, стр. 246)

ма вольно обращаются с описанием самой героини, ее внутреннего мира и даже деталей ее жизни, сказывается не только и не столько недостаток фактов, но все та же пристрастность, проявляется своего рода «партийность» авторов, которой, как указывал В. И. Ленин, не могли избежать писатели всех веков и обществ. Все это говорит о том, что судьба Гипатии «задевает за живое» и человека нового времени, что рассказ о ее участии и через века звучал не только отголоском давно отгремевших схваток и распрей. Именно в этом и заключается основная причина неослабевающего интереса к личности Гипатии, со дня рождения которой в нынешнем году исполняется 1600 лет.

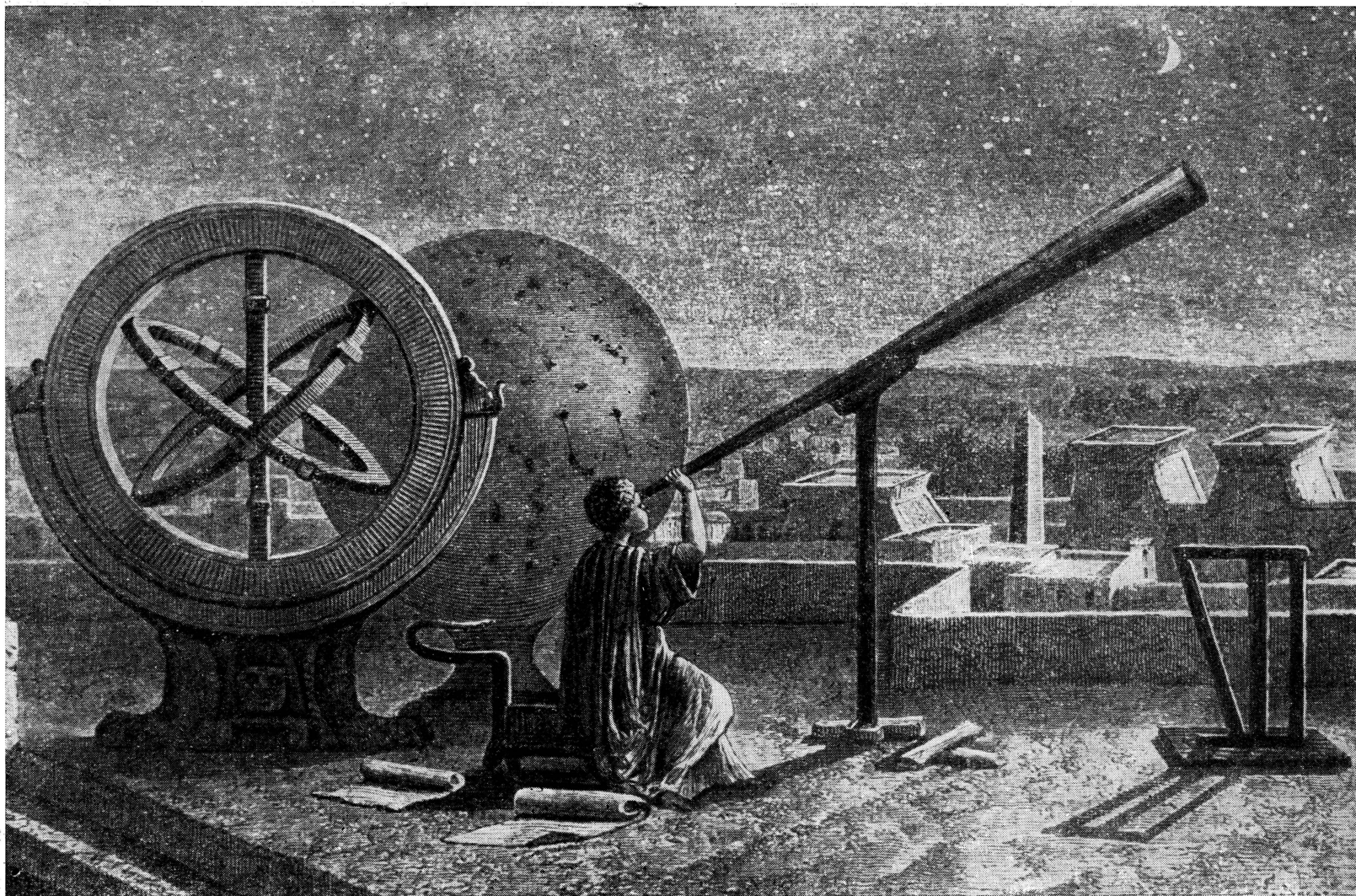
Гипатия (Hypatia, около 370—415 гг.) — дочь известного александрийского математика Теона жила в Александрии — столице одной из крупнейших тогда префектур восточной части Великой Римской империи. Здесь сформировался новый центр науки. Уже седьмой век существовал знаменитый «музеум» — высшая Александрийская школа со своей уникальной библиотекой, названной по той части города, где она находилась, «Брухейон» и насчитывавшей некогда многие тысячи книг. Правда, в I в. до н. э. при вступлении в Александрию войск Юлия Цезаря страшный пожар уничтожил не менее 400 000 книг, но до конца IV в. еще существовала вторая часть Александрийской библиотеки — бесценное книгохранилище при языческом храме Сераписа — «Серапейон». В Александрийском музее и на обсерватории в свое время преподавали и трудились Евклид, Аполлоний Пергский, Аристилл, Тимохарис, Эратосфен (бывший до конца жизни главным библиотекарем знаменитых хранилищ), Гиппарх и автор «Альмагеста» Птолемей.

Однако приближение полного распада и гибели великой империи, а вместе с ней и древней греко-римской языческой культуры сказались и в упадке естественных наук в Александрии. К IV в. место оригинальных исследований заняло комментаторство, толкование гениальных, а позднее и весьма посредственных сочинений прошлого. Правда, комментаторство в это время действительно было важным делом, так как имело целью отделить подлинное, оригинальные сочинения от многочисленных подделок, появившихся в связи с повышением цен на творения классиков. Отец Гипатии прославился, в частности, комментированием «Альмагеста» (автором третьей книги комментариев он называл Гипатию).

Гипатия училась математике и астрономии

у отца, философии — на лекциях в музее. По некоторым сведениям, она завершила образование в Афинах, где еще действовали знаменитые школы — Академия Платона и Лицей Аристотеля. Вскоре она превзошла в математике учителя, а в философии, по отзывам современников, всех философов своего времени и даже многих, живших до нее. И тут произошло невиданное. Городские власти предложили молодой девушке читать публичные лекции в музее — событие для древнего мира почти уникальное. Правда, в Афинах, например, некогда школу Платона посещали одна-две женщины, но лишь переодевшись в мужское платье; позднее там же, по некоторым сведениям, вместе с отцом, Плутархом Младшим, в школе неоплатоников преподавала его дочь Асклепипения. Но их деятельность не оставила следа в истории. Слава же об уме, учености, красноречии Гипатии разнеслась далеко за пределами Александрии еще при ее жизни. В начале 390-х годов ей была предложена кафедра философии, которую за 100 лет до этого занимал знаменитый Плотин — один из главных создателей неоплатонизма, наиболее полно развивший его.

Эта философия возникла в Александрии во II в. и была, по выражению многих историков, последним творением эллинской мысли. Она преследовала грандиозную цель: путем нового толкования философии Платона, изучения и объединения различных философских систем и религиозных учений создать универсальную философско-религиозную систему, способную духовно объединить распадающееся общество Римской империи, сохранив его древнеэллинскую языческую основу. Однако, начав с высокого абстрагирования таких понятий как Бог, с уничтожения его древнегреческой наивной антропоморфности, с провозглашения Бога как высшего, непознаваемого, сверхразумного принципа, неоплатонизм, хотя и сделал на этом пути значительный вклад в развитие абстрактного направления мышления, тем не менее сам как философская система вскоре скатился к мистике. Главное место в нем заняло мистическое толкование древних мифов, в которых неоплатоники видели иносказательные знаки сверхчеловеческого Разума, а основным стремлением человека было провозглашено стремление к состоянию высокого экстаза, в котором человек может познать Бога, слившись с ним. В своих притязаниях на универсализм неоплатоновская философия столкнулась с могучим конкурентом, утверждавшимся христианством и, в конце концов, была побеждена им.



ГИППАРХ НА АЛЕКСАНДРИЙСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ (из книги Л. Фигье «Светила науки от древности до наших дней». Спб.— М., 1869—1873, т. I, стр. 279)

Однако в период своего развития неоплатонизм, порождая иллюзию возможности спасения языческой эллинской культуры, находил немало приверженцев среди греко-римской аристократии и образованного слоя языческого населения, стоявших в оппозиции к христианству, которое в III в. уже было официальной религией Рима. Центром духовного объединения таких оппозиционных сил в Александрии и стала Гипатия, благодаря которой после длительного застоя неоплатонизм пережил свой последний взлет в конце IV — начале V вв. Синезий, покинувший ради Гипатии свою любимую родину Киренаику, писал: «...наше путешествие (в Александрию) дало нам возможность убедиться в том, о чем молва нам казалась невероятной. Ибо мы сами были очевидцами и слушателями истинного руководителя священных таинств философии» *.

Гипатия преподавала также математику и астрономию. Обычно она начинала лекцию с чистой математики, затем переходила к ее приложениям — здесь главную роль, видимо, играла астрономия — и завершала всеобъемлющей философией. Гипатия занималась толкованием произведений Платона, Аристотеля и других философов. По свидетельству Свиды, ей принадлежат несколько научных сочинений: комментарии на сочинение о конических сечениях Аполлония Пергского и на «Арифметику» первого греческого алгебраиста Диофанта (до него вся греческая математика имела геометрическое направление), а также «Астрономический канон» — нечто вроде астрономических таблиц с объяснениями, который, по одним сведениям, Гипатия составила, а по другим — только комментировала. О высоком авторитете Гипатии в математике и астрономии говорит уже то, что Синезий, впоследствии серьезно занимавшийся этими науками, в том числе астрономическими наблюдениями, изобретением и совершенствованием инструментов и приборов в физике и астрономии, все свои работы сначала посылал на одобрение Гипатии. Ей же он приписывает изобретение ареометра, планисферы и даже астролэбии, хотя последнее явно ошибочно, так как этим прибором пользовался уже Птолемей. Нет сведений о том, проводила ли сама Гипатия астрономические наблюдения. Ни одно из ее сочинений не дошло до нас.

Незаурядными качествами: умом, глубокими и обширными познаниями, блестящим

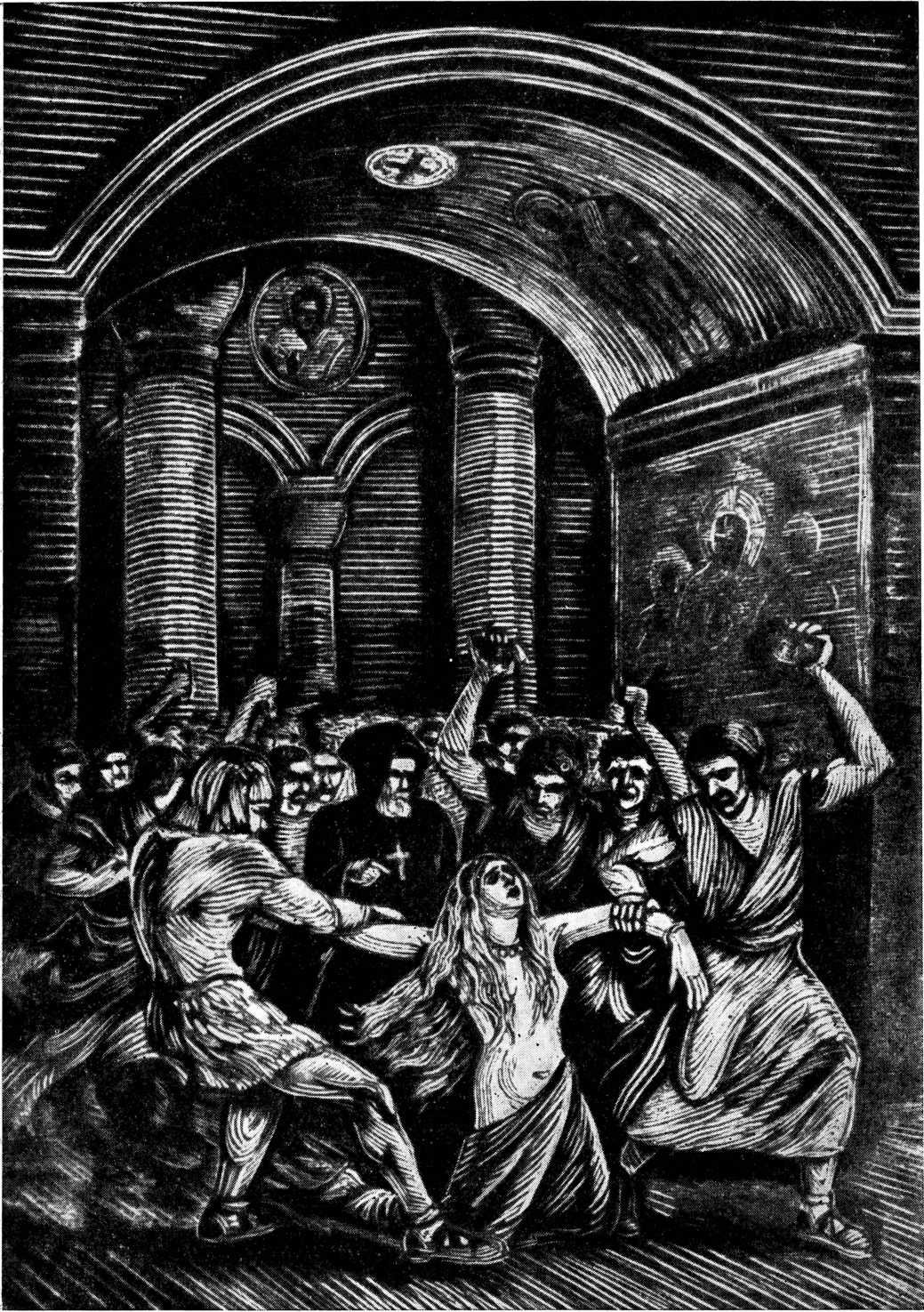
ораторским талантом (современники восхищались ее «божественным голосом»), беспредельной преданностью науке (ради которой она отказалась от замужества), своей выдающейся красотой и даже необычной для философа молодостью — Гипатия привлекала огромное количество учеников не только среди язычников, но и среди христиан. На ее лекции, которые она читала в музее и дома, съезжались и юноши из дальних стран, и самые знатные александрийцы. Некоторые историки отмечали, что даже проповеди архиепископа не пользовались таким успехом.

Кроме того, Гипатия активно участвовала в общественных делах Александрии, к ее мнению прислушивались представители городской власти и сам правитель префектуры — наместник Рима Орест.

И все же языческая философская школа в христианской Александрии начала V в. была маленьким островком, захлестываемым вздымавшимися вокруг волнами христианства. К тому же единение на основе неоплатонизма было мнимым: эклектизм и туманность этой философии породили множество сект и партий. Столкновения их между собой и с христианами становились все более далекими от теоретических споров. В 391 г. в Александрии были разгромлены языческие храмы, и среди них, по наущению архиепископа Феофила, храм Сераписа вместе со знаменитым Серапеем, что довершило гибель великой Александрийской библиотеки. Но эта первая большая буря еще не отразилась на деятельности Гипатии, которая, в отличие от других языческих философов, не принимала участия в «бунте язычников». Однако сама принадлежность Гипатии к языческому меньшинству, ее уникальное по тем временам положение женщины-философа, ее растущее влияние и авторитет в правящих кругах Александрии в окружении фанатичной христианской массы основного населения — все это сделало ее первой жертвой в той борьбе за власть, которая разгоралась между правителем Александрии и новым (с 411 г.) архиепископом Кириллом — племянником Феофила-погромщика, между слабеющим государством и жаждущей всеобъемлющего господства христианской церковью. Невежество большинства населения и его спутник — фанатизм были грозным оружием в руках церковников.

Чтобы устранить умную, влиятельную, прекрасную, но ненавистную язычницу, мешавшую осуществлению властолюбивых притязаний архиепископа, достаточно было в подходящий момент пустить традиционный слух о, якобы, колдовских занятиях Гипатии.

* А. Остроумов. «Синезий, епископ Птолемаидский». М., 1879, стр. 37.



ГИБЕЛЬ ГИПАТИИ. Гравюра на дереве А. М. Критской (из книги Ч. Кинесли «Ипатия, или новые враги под старой личиной». М., 1936, стр. 23)

И трагедия свершилась. В марте 415 г., во время «великого поста», с изуверской жестокостью Гипатия была умерщвлена натравленной на нее толпой фанатичных христиан, растерзана в Кесарской церкви перед бесстрастным идолом Христа, останки ее были сожжены на месте казней.

Прошли века, сквозь которые память человечества бережно пронесла яркий образ одной из первых жертв слепой разрушительной силы — религиозного фанатизма. Судьба Гипатии показала, что и христианство, претендовавшее на «истинный универсализм» и справедливость, едва утвердившись, проявило коренные и порочные черты всякого догматического учения — крайнюю нетерпимость, фанатическую ненависть к инакомыслящим, претензии на мировое господство во всей духовной (и не только духовной) жизни человечества. Вот почему образ Гипатии стал легендарным, а судьба ее на протяжении веков служила для разоблачения истинного, фанатического и, вместе, лицемерного духа христианства, и не только его. Ведь фанатизм — спутник любой религии. В числе его жертв Бруно, Галилей и тысячи безвестных «еретиков» во всех странах. Даже в XVIII в. в просвещенной Англии фанатики разгромили научную лабораторию выдающегося химика Дж. Пристли, а на рубеже XX в. в России во время солнечного затмения едва избежала расправы научная экспедиция, в которой участвовали А. А. Белопольский и П. К. Штернберг.

Как в древности, так и в последующие века, неотъемлемой чертой фанатизма было лицемерие его вдохновителей, преследовавших под знаменем беспредельной веры весьма зем-

ные цели, чаще политического и экономического характера. Особенно яркой иллюстрацией этого служат судьбы Бруно и Гипатии.

Но, может быть, во второй половине XX в., спустя более полутора тысяч лет после гибели Гипатии, можно сказать, что уничтожившая ее слепая сила религиозного фанатизма стала достоянием истории? Нет. Хотя во всем цивилизованном мире религиозные распри и бури отошли в прошлое, человеческая психика и вся жизнь человеческого общества еще не освободились полностью от мрачного наследия — веками вбивавшегося религиозного образа мышления, ставящего веру над разумом. А это неизбежно ведет к новым формам фанатизма. Он проявляется и в стремлении к универсализации той или иной теории, которая таким образом обращается в догму, и в насаждении слепой веры в незыблемые авторитеты, и в штампованности мышления, в бездумном поклонении традиции, даже моде, что приводит к духовной безоружности, лишь усиливающей нетерпимость к инако- и просто к самостоятельно мыслящим. Все эти формы «маленького» и «большого» фанатизма еще встают на пути прогресса в самых различных областях человеческой деятельности.

Вот почему событие полуторатысячелетней давности, трагическая судьба Гипатии, казалось бы, незаметная точка на колоссальном пути, пройденном Человечеством, привлекает наше внимание: в этой точке обнажились проблемы, которые вновь и вновь встают перед жителями Земли и требуют решения.

А. И. ЕРЕМЕЕВА
кандидат физико-математических наук



СНЕЖНАЯ БУРЯ НА ШЕТЛАНДСКИХ ОСТРОВАХ

В январе 1968 г. на Шетландских островах началась неистовая снежная буря при малой видимости (около 10 м). Непрерывный снегопад с крупными хлопьями перешел в мелкий снег, который проникал сквозь закрытые двери домов. Сухопутный, морской и воздушный транспорт прекратил работу, электрические провода

были порваны. Погиб один человек, застигнутый бурей в пути. Плотный, несущийся с ветром снег затруднял дыхание. На острове Фэр-Айл покрылся льдом соленый, никогда не замерзавший пруд. И только через 5 суток ветер стих.

«Weather», 24, 2, 1969.

ВУЛКАНИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ В АНТАРКТИКЕ

Уэсли Лемазурье из Колорадского университета и Алтон Уэйд из Техасского технологического колледжа опубликовали свои выводы, сделанные в результате осмотра горных вершин в глубине Антарктиды, на Земле Мэри Бэрд. Они считают, что горы Берлин в хребте Хал-Флад и Хамптон в хребте Эгзекьютив — коммити могут быть действующими вулканами, скрытыми под льдом и пеплом.

«Antarctic», 5, 5, 1969.



ВСЕСОЮЗНЫЙ СЪЕЗД ВУЛКАНОЛОГОВ

28 мая 1969 г. во Львове вулканологи страны собрались на третье Всесоюзное совещание, организованное Академией наук СССР: Институтом вулканологии СО АН СССР, Институтом геологических наук АН УССР и Львовским государственным университетом имени И. Франко.

Современная вулканология из описательной науки стала комплексной геологической областью знаний, использующей для изучения «огнедышащих гор» методы точных наук (физики, химии и других).

За 5 лет, прошедших после второго совещания, вулканология обогатилась новым материалом наблюдений и новыми результатами исследований. Это, конечно, отразилось на программе нового совещания. В многочисленных докладах освещались общие вопросы вулканизма и его связь с глубинами Земли; исследования по петрологии и геохимии вулканических продуктов; проблемы образования и использования рудной минерализации

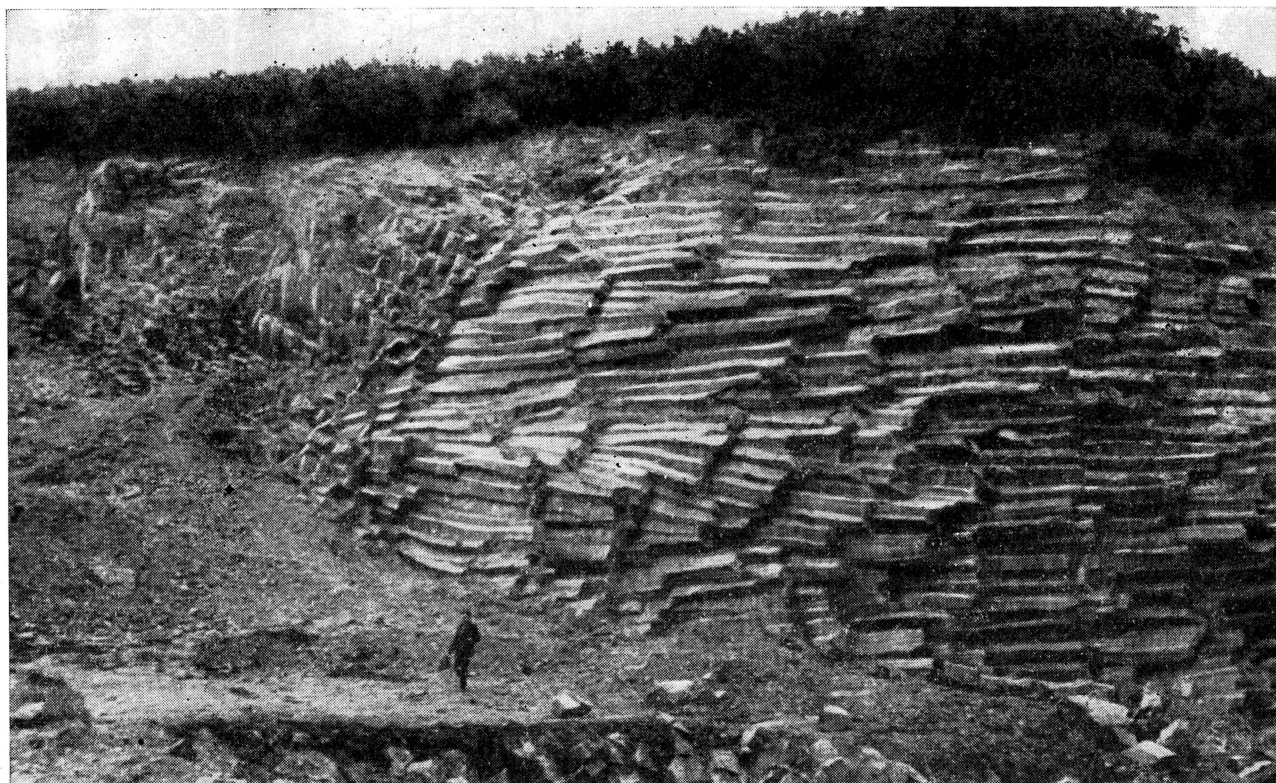
и термальных вод вулканических областей; конкретные материалы по геологии районов с современным или недавним интенсивным вулканизмом: Камчатки, Курильских островов, Армении, Кавказа, Крыма, Карпат. Наиболее интересным и насыщенным был основной раздел совещания «Вулканизм, гидротермы и глубины Земли», посвященный памяти талантливых камчатских вулканологов Б. И. Пийпа и В. В. Аверьева.

Изучая горные породы земной коры — самого верхнего и тонкого слоя Земли, геологи убеждаются, что вулканический материал на протяжении всей истории нашей планеты поступал из ее глубин — мантии. А. А. Ярошевский, развивая идеи академика А. П. Виноградова, рассказал о возможном механизме образования очагов питания вулканов. Во многих докладах оценивались возможные глубины магматических очагов под современными вулканами. (Г. С. Горшков, Е. К. Мархинин, С. А. Федотов, В. И. Горельчик, С. Т.

Балестта и другие.) Оказалось, что в такой активной вулканической провинции, как Курило-Камчатская, очаги вулканов чаще всего расположены на глубинах от 40 до 110 км. При этом асейсмические зоны, которые отражают, по-видимому, расплавленное состояние вещества, расположены непосредственно под действующими вулканами Камчатки и уходят на глубину до 130 км (П. П. Фирстов, В. А. Широков). Если учесть, что мощность земной коры для Курило-Камчатской провинции составляет не более 10—35 км, то представляется очевидным мантийное происхождение лав. Такой вывод подтверждается геохимическими данными о распределении и соотношении некоторых редких элементов в вулканических породах, а также изотопическим составом элементов газов, сопровождающих извержения. Однако в некоторых докладах было представлено и другое мнение: вулканические лавы (особенно кислые, насыщенные кремнеземом до 65—75%) образовались в результате плавления древних магматических пород земной коры.

Извержения современных и относительно недавних вулканов часто сопровождаются вынесением раскаленных паро-газовых струй и термальных вод. В докладах С. И. Набоко, Е. А. Вакина, Г. А. Голевой, Ю. Ф. Манохина и других был показан химизм этих образований, значение их для теории рудоотложения из природных гидротерм и возможность практического использования таких природных теплоносителей. Паро-газовые высокотемпературные струи и термальные воды, интенсивно изменяя вулканические породы, обогащают их серой и металлами. В результате образуются месторождения колчеданных и серных руд с повышенными концентрациями ртути, меди, мышьяка, сурьмы, молибдена.

На совещании были представлены убедительные материалы, показавшие, что Камчатка, Курильские острова, Армения, Закарпатье особенно богаты строительным, керамическим и химическим сырьем вулканического происхождения (туфы, пемза, обсидиан, алуниты, каолиниты, кварциты и другие породы). Однако во многих случаях эти «кла-



довые вулканов» еще недостаточно изучены.

Большое внимание было уделено использованию термальных вод и перегретого пара. Многие докладчики придерживаются мнения, что гидротермы получают тепло из глубинных областей Земли, где образуется магма. Неоднократно подчеркивалось, что в районах предполагаемого использования горячих термальных вод необходимо бурить скважины. Только система глубоких скважин поможет надежно оценить запасы и изучить сложную систему «водопроводных труб» природного кипятка.

Совещание завершилось экскурсией по геологическим объектам Закарпатья, где 20—25 млн. лет назад (в неогене) центральная и западная части этой области были ареной активного вулканизма. Осматривая вулканические образования, участники совещания не забывали любоваться превосходными видами горных Карпат, живописными селениями, разбросанными по склонам лесистых гор Гуцульщины, где встречаются своеобразные де-



ДЕРЕВЯННАЯ ЦЕРКОВЬ из села Кривки, 1763 г.

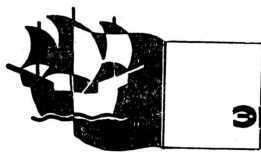


ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ СТОЛБЧАТАЯ отдельность лавового купола андезита-базальта у села Колчина, близ Мукачево

ревянские церкви XVII—XVIII вв., бережно охраняемые как памятники деревянного народного зодчества. Непринужденное радушие населения приятно дополнило впечатления о закарпатской экскурсии.

Б. И. ЗЛОБИН

Фото автора



ЭКСПЕДИЦИИ

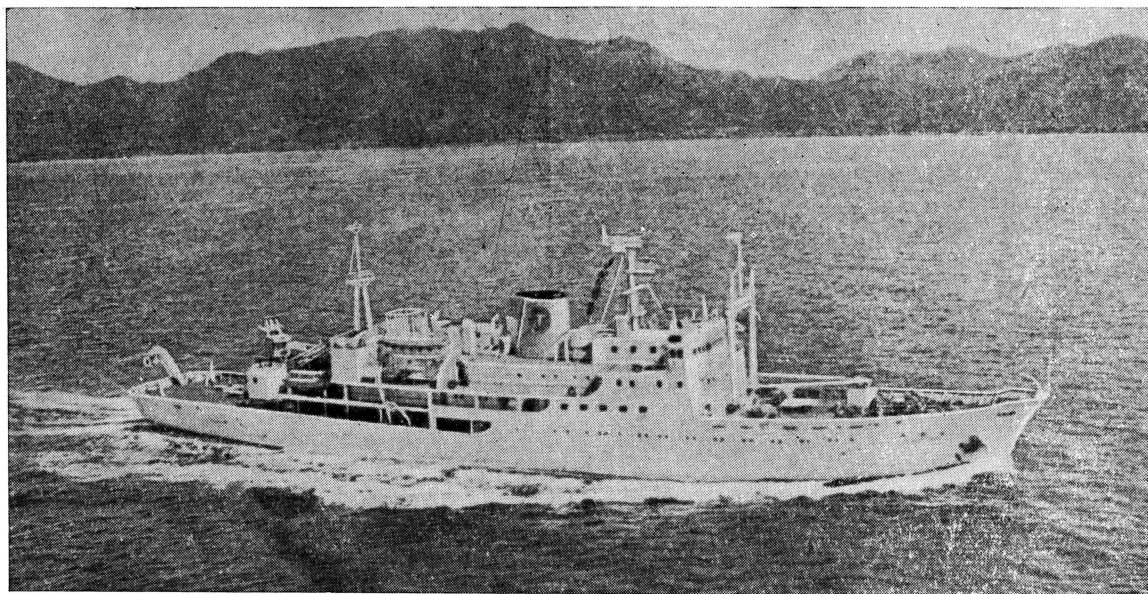
На «Хакухо-Мару» по Японскому морю

白鳳丸竣工記念



В мае-июне 1969 г. двое советских ученых — сотрудники Института океанологии имени П. П. Ширшова АН СССР В. Ф. Канаев и В. В. Здоровенин — участвовали в ра-

ботах японского научно-исследовательского судна «Хакухо-Мару» (Институт океанологии Токийского университета — Ocean Research Institute, University of Tokyo).



Новый корабль был спроектирован и построен как исследовательское судно в чрезвычайно короткие сроки — 3 года. Причем собственно строительство судна заняло всего 10 месяцев. В августе 1967 г. корабль начал исследования в Тихом океане.

У «Хакухо-Мару» внушительные размеры: длина 95 м, ширина 15 м, водоизмещение 3200 т, скорость хода до 16 узлов (30 км/час). В команде корабля 55 человек, научный состав — до 32. «Хакухо-Мару», как и все современные исследовательские суда, имеет противодрейфовое устройство. Это — горизонтальная труба (диаметр ее более 1,5 м), пронизывающая носовую часть корабля от одного борта до другого. Внутри трубы есть винт, который, перегоняя забортную воду, не дает носу корабля уходить в сторону, т. е. удерживает его строго против ветра и волн. Главные двигатели в это время работают так, чтобы корабль не сносило ветром и течением. Способность корабля стоять на месте в открытом море облегчает забортные работы и повышает качество научных наблюдений, связанных со спуском в воду и на дно различных приборов.

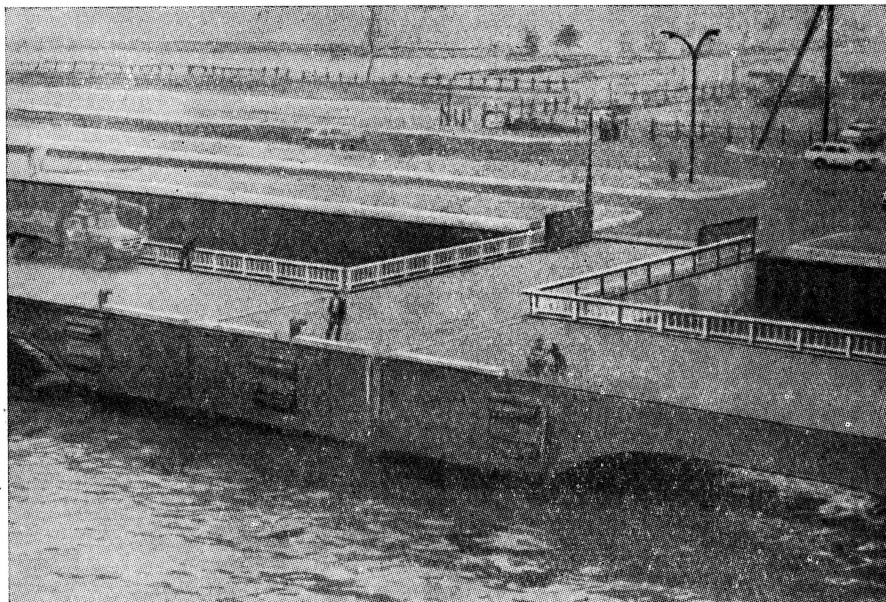
На корабле десять лабораторных помещений площадью от 7 до 70 м², приспособленных для проведения всевозможных океанологических исследований (гидрологических, метеорологических, гидрохимических, геологических, геофизических, биологических), а также для обработки результатов наблюдений. Электронная вычислительная машина

непрерывно обрабатывает измерения гравиметров, с которыми она соединена кабелем, а также эхолотные и магнитные измерения, поступающие с перфоленты. Машина решает и астрономические задачи по определению места судна в море.

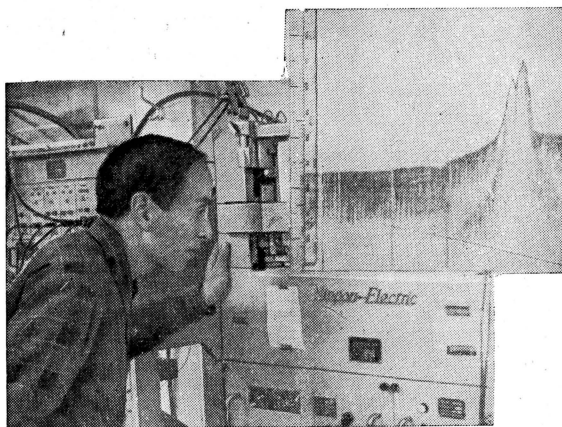
Основной задачей рейса в мае-июне 1969 г. были геофизические исследования переходной зоны между азиатским материком и ложем Тихого океана в районе Японских островов. Поэтому на ходу судна непрерывно велась эхолотная, гравиметрическая и магнитная съемки, изучалось строение осадочной толщи при помощи сейсмопрофилографа. Для этого каждые 5—7 секунд под водой стреляла пневматическая пушка. Упругие волны, возбуждаемые выстрелами, добегав до дна, проникали в осадок, и, вернувшись, «рисовали» профиль дна и строение осадочной толщи. На станциях (во время остановок судна в море) геологи собирали пробы донных осадков и коренных пород для палеомагнитных исследований; устанавливали донные сейсмографы для записи подводных землетрясений.

Рейсом руководил профессор Института океанологии Токийского университета Е. Томода, а на участке Отару-Майдзуру работы возглавлял директор этого института профессор Н. Насу. Мы участвовали во второй половине рейса. Прилетев из Москвы в Токио, на следующий день мы вылетели в Саппоро — главный город острова Хоккайдо, а оттуда поездом в порт Отару. На корабле мы вместе с японскими учеными несли вахту у сейсмо-

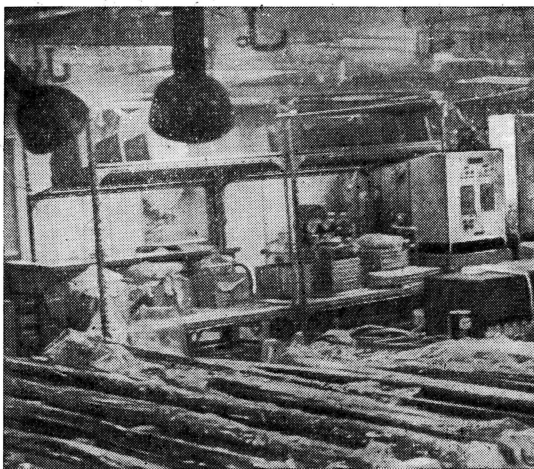
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЕ судно «Хакухо-Мару». Интересна история «крестин» этого судна. Чтобы выбрать первому в Японии крупному океанскому исследовательскому кораблю название, был объявлен конкурс. Победил «Белый феникс», японски «Хакухо»



Этот пирс построен специально для «Хакухо-Мару»

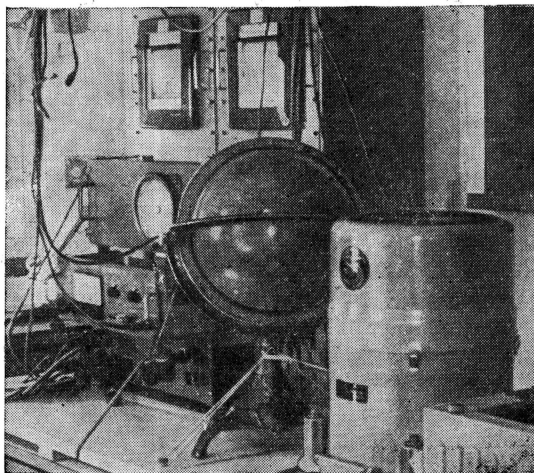


НА ПОЛНОМ ХОДУ СУДНА с помощью сейсмопрофилографа осуществляется запись строения осадочной толщи. У самописца профилографа профессор Хоккайдского университета Н. Дэн. Видна запись вершины подводного вулкана, наполовину погребенного под осадками, хорошо выражена слоистость осадков



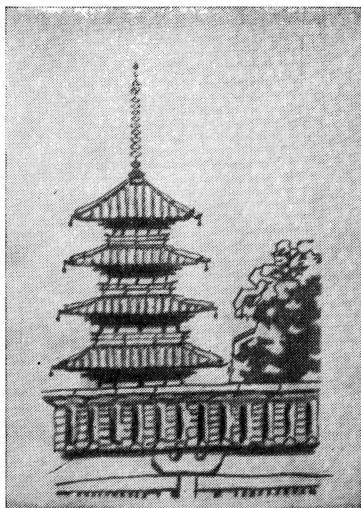
профилографа. Нам была предоставлена полная возможность ознакомиться с судном, его оборудованием, работой всех отрядов экспедиции и... японской кухней. На камбузе 3 раза в день готовили японскую пищу и один раз — в 12 часов — европейскую. В рационе японцев обязательны овощи и сырые морские продукты: рыба, осьминоги, кальмары, моллюски, креветки. Все это они едят с соевым соусом, без которого немыслима японская кухня. Вместо хлеба — рис и, конечно, зеленый чай, и то, и другое в неограниченных количествах. Зеленому чаю посвящена старинная «чайная церемония», искусству которой нужно учиться. В японских домах есть специальная чайная комната, а во дворе «водопадик», где полагается мыть руки. Однако вернемся на «Хакухо-Мару»...

На палубе корабля все работают в касках: в белых — научный состав, в желтых — команда. На каждой каске номер каюты ее владельца, а у начальника экспедиции надпись



В ЛАБОРАТОРИЯХ СУДНА ведется обработка и анализ собранных данных. На столах в желобах под целлофаном лежат колонки донных осадков, из которых будут отбираться образцы на многочисленные анализы (верхний снимок). В метеолaborатории стоят самописцы автоматической метеостанции, глобус звездного неба и другие приборы

САМЫЙ ДРЕВНИЙ в Японии деревянный храм — башня Хорю-Джи. Он построен в 607 г. н. э. и хорошо сохранился до настоящего времени. На фотографии рельефное изображение храма. Оно очень искусно выполнено на переборке корабля, сделанной из перламутровых раковин (переборку готовили филиппинские мастера). Башня Хорю-Джи украшает стену на площадке парадного трапа «Хакухо-Мару»



ПОРТ МАЙДЗУРУ. Этот город не пострадал от американских бомб; рядом с современными постройками здесь можно встретить старинные японские дома под черепичной крышей

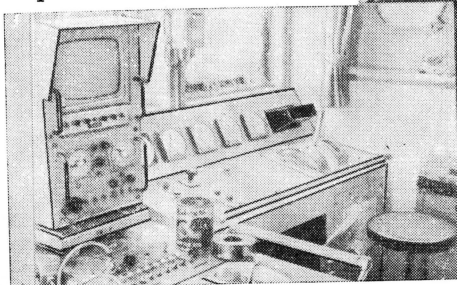
«директор». На груди у всех участников экспедиции пластмассовые жетоны с фамилиями на английском языке.

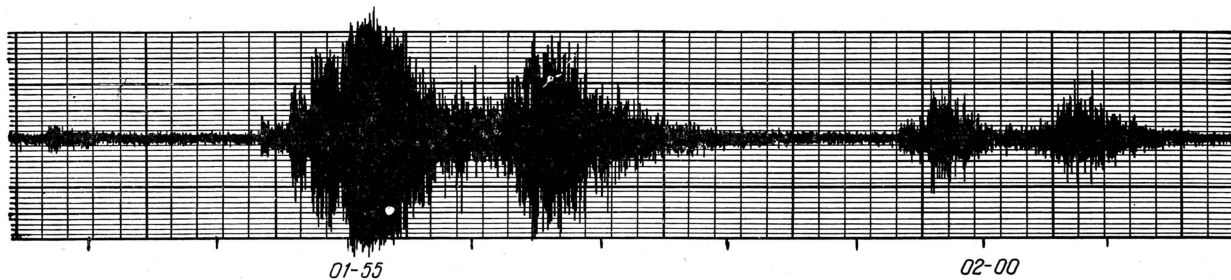
Между советскими и японскими учеными, а также командой установились самые доброжелательные отношения. В свободные вечера в уютных салонах, отделанных с большим вкусом, участники экспедиции охотно беседовали о научных проблемах, о жизни в Японии и Советском Союзе. Многие японцы знают или изучают русский язык, интересуются нашей страной. Некоторые побывали у нас и с удовольствием вспоминали Сибирь и озеро Байкал.

Во время «заходов» в небольшие японские порты, расположенные на берегу Японского моря, нам удалось хорошо познакомиться с городами Отару, Ниигата, Майдзуру и Тояма. Во всех портах мы видели советские суда. Благодаря экономическим связям с Советским Союзом эта, до сих пор отстававшая в развитии, внутренняя часть Японии стала быстро развиваться: растет число морских

КОРМОВАЯ РУБКА, из которой осуществляется управление судном и лебедками во время работы с тяжелыми приборами. Видна телевизионная камера, позволяющая штурману на мостике видеть работы на корме

ПУЛЬТ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕБЕДКАМИ, средства связи по судну и телевизор, на экране которого хорошо видны приборы, спускаемые с кормовой стрелы в воду

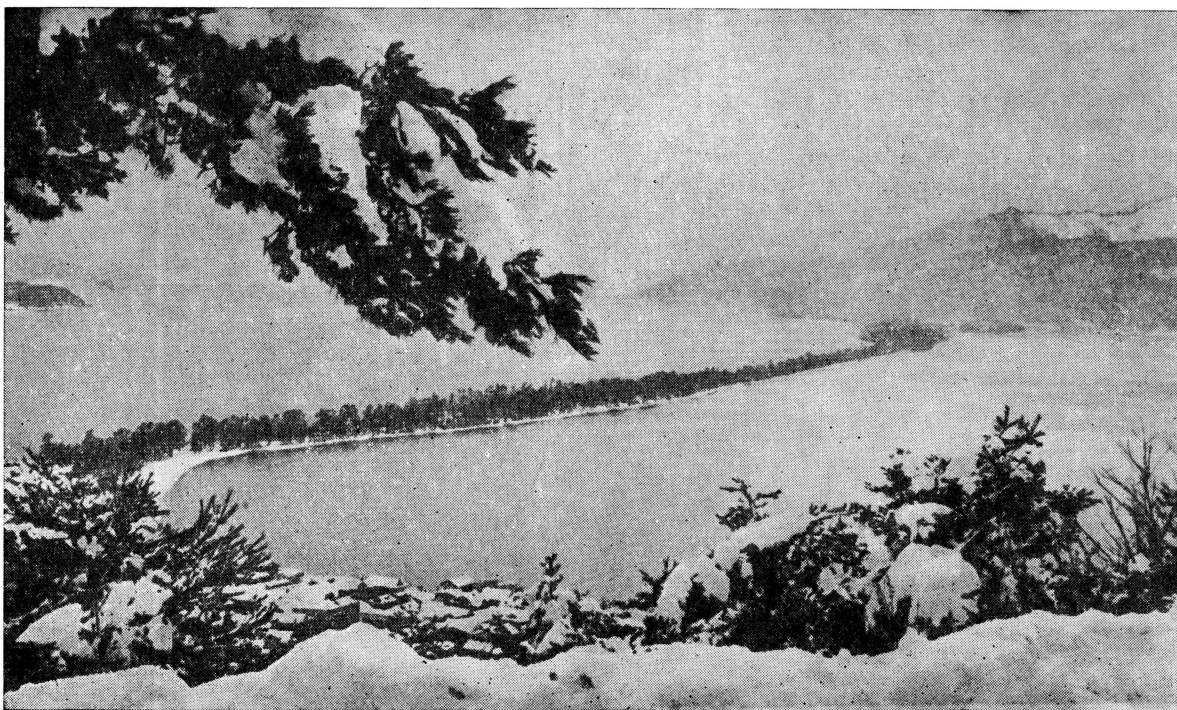




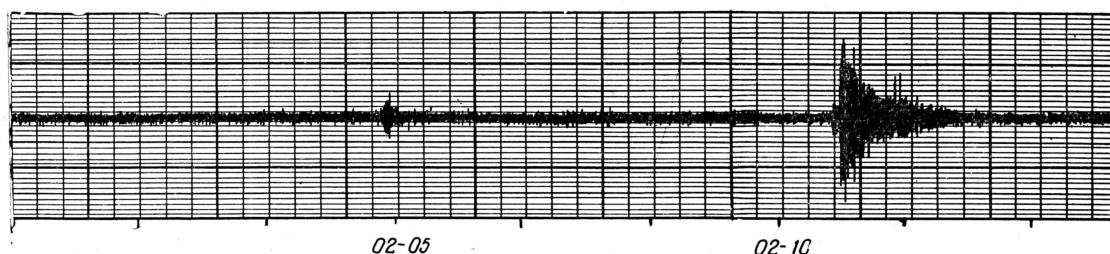
ПОДВОДНОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 9 мая 1969 г., около 02 часов японского времени. Запись сделана дон-

перевозок, создаются новые или расширяются старые порты, строятся электростанции, заводы. Японцы думают и о строительстве хороших дорог на восток к Тихоокеанскому побережью. Всюду чувствуется забота и внимание к советским морякам. Так, в Ниигате (побратим советского порта Находка) установлена карта города с русскими названиями улиц и интересных для посещения мест. Порт Майдзуру расположен в хорошо защищенной бухте, а не в устье реки, как большинство других японских портов. На берегу этой бух-

ты — небольшая морская обсерватория Метеорологической службы Японии. Есть небольшое исследовательское судно «Суйфу-Мару», которое проводит работы как в Японском море, так и в других морях, омывающих берега Японии. Наблюдения на судне включают гидрологические и гидрохимические исследования, сборы планктона, а также измерения теплового потока из недр Земли, сбор проб донных осадков поршневыми трубками, работы с магнитометром, а иногда и с профилографом.



«МОСТ БОГОВ» ЗИМОЙ. Это одно из самых красивых мест в Японии



ным сейсмографом юго-восточнее Сангарского пролива во время экспедиции на «Хакуго-Мару»

Недалеко от Майдзуру находится знаменитый «Мост богов» — Аmanoхашидате. Это — узкая (иногда меньше 100 м) песчаная коса, поросшая соснами. Берега косы со стороны моря размываются, и их приходится укреплять. В этом прекрасном заповеднике стремится побывать каждый японец.

Советский порт Находка встретил нас солнечной погодой. Все участники рейса познакомились с городом и его окрестностями, а вечером отдыхали в клубе моряков. Японцы увозили с собой русские сувениры: хохломские чаши, кубки, ложки, балалайки, матрешки, сигареты и приятные воспоминания о городе, его жителях и их гостеприимстве.

Закончилось плавание, корабль вернулся в Токио, а мы отправились в короткое сухопутное путешествие по стране. Удалось побывать в различных научных организациях (в институтах океанологии и землетрясений Токийского университета, в Геологической службе Японии), а также в древней столице Японии — городе Киото. Поездка на экспрессе, проносящемся со скоростью около 200 км/час, оставляет незабываемое впечатление. Благодаря тому, что железная дорога большей частью проходит по насыпи высоко

над землей, скорость почти не ощущается. Очень интересны сельские районы страны с бесчисленными квадратами рисовых полей, на которых как раз заканчивалась посадка рассады. Небольшие селения с очень своеобразной архитектурой деревянных зданий, необычных по сравнению с огромными железобетонными и стеклянными зданиями городов. Поросшие лесами склоны гор, рощи бамбука. Местами дорога проходит вдоль берега, и отсюда видны небольшие бухты, островки и уходящая вдаль спокойная поверхность моря.

Многие города Японии, в том числе и Токио, сильно пострадали во время войны от американских бомбардировок, но Киото остался нетронутым. Поэтому здесь сохранились все старинные храмы и дворцы, которые и привлекают сюда многочисленных туристов со всего мира. В Киото находятся знаменитые Золотой и Серебряный павильоны, императорский дворец, очень много храмов. В городе два больших университета — государственный и частный, обсерватория.

Приятным завершением всей поездки было возвращение в Москву на самолете ИЛ-62.

В. Ф. КАНАЕВ
кандидат географических наук



ВТОРОЙ ГОЛЬФСТРИМ?

В феврале-мае 1969 г. экспедиционное судно АН СССР «Академик Курчатов» совершило очередной, пятый рейс в водах Атлантического океана. На этот раз основным объектом исследований стал район западных пограничных течений тропической Атлантики.

Из наблюдений и теории было известно, что у восточных берегов Южной и Центральной Америки существуют мощные потоки, выносящие в субполярные широты теплые воды экваториальной Атлантики. На картах, составленных различными авторами, Северное

Пассатное течение, подходя к самой восточной точке Южной Америки, неизменно разделялось на две ветви. Одна, отклоняясь к северо-западу, порождала систему западных пограничных течений: Гвианское, Антильское, и, наконец, Гольфстрим.

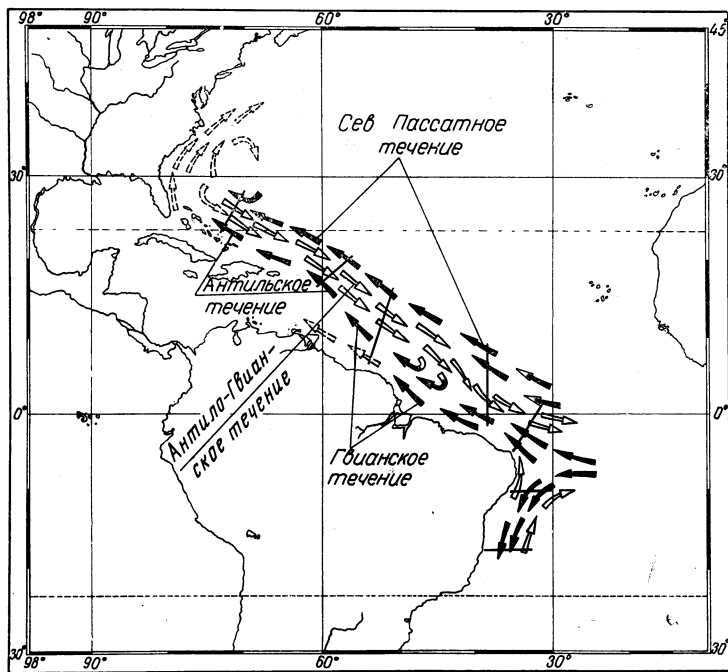
Но, к сожалению, такие важные характеристики динамики вод, как скорости движения и глубинная структура течений, представ-

лялись весьма приближенно. По программе пятого рейса предусматривались серии инструментальных наблюдений за течениями, температурой и соленостью морской воды на нескольких разрезах, расположенных перпендикулярно предполагаемому направлению потоков от северного до южного тропика (показаны на рисунке отрезками прямых линий).

Заметим, что быстроходные и маневренные суда типа «Академик Курчатов», оснащенные первоклассным оборудованием, представляют качественно новые возможности для проведения широкого комплекса геофизических работ*. По инициативе профессора В. Г. Корта, который руководил экспедицией, эти возможности в полной мере были учтены при разработке и осуществлении программы изучения западных пограничных течений Атлантики. В пятом рейсе, пожалуй, впервые в практике морских экспедиционных работ применялся метод предварительной оценки поля скорости течений, которые предстояло измерять. Для этого перед началом инструментальных измерений рассчитывались характеристики течения по наблюдаемой плотности воды, а затем в строго определенных точках, важных в динамическом отношении, выставлялись заякоренные буйковые станции с самописцами течений. Это новшество в постановке наблюдений, несомненно, уменьшало элемент случайности, присущий большинству полученных в океане данных.

Уже первые измерения и контрольные расчеты для района Багамских островов — истоков знаменитого Гольфстрима — указали на существенные особенности движения вод, не известные ранее. Вместо единого потока северного направления на графиках и разрезах у восточной периферии Антильского течения четко вырисовывался поток, примерно с равной ему скоростью (30 см/сек), но противоположно направленный.

Что это? Результат крупномасштабного вихреобразования, которое обычно отмечается при динамически неустойчивом движении, или же неизвестное противотечение? Сначала ответить было трудно. Понятно, с каким не-



терпением ученые ждали новых данных с последующих разрезов. Если это — новое противотечение, то оно обязательно пересечет хотя бы один из более южных разрезов! На помощь ученым вновь пришла современная вычислительная техника. Анализ обработанных материалов на борту корабля помог уточнить положение ранее намеченных полигонов так, чтобы предполагаемое противотечение не осталось за пределами исследуемых районов.

Дальнейшие наблюдения убедили, что в системе западных пограничных течений Атлантики действительно обнаружен не известный ранее мощный поток. Условно его назвали Антило-Гвианским противотечением. Поток был исследован на всем, более чем 3000-мильном протяжении от Багамских островов до района экваториальной Атлантики. Расчеты и наблюдения показали, что это противотечение, идущее на юго-восток навстречу известным Антильскому и Гвианскому течениям, по объему переносимых вод лишь в 2 раза меньше Гольфстрима!

Открытие Антило-Гвианского противотечения, несомненно, является одним из наиболее важных результатов морских экспедиционных исследований Академии наук СССР в 1969 г. Советские океанологи сделали еще один

крупный вклад в изучение циркуляции вод Атлантики, сравнимый по своему значению и масштабу с открытием в недалеком прошлом глубинных экваториальных противотечений в океанах.

Факт существования мощного противотечения в районе, который давно считался хорошо изученным, достаточно удивителен. Ведь на первый взгляд очень странно, почему такой существенный элемент общей системы циркуляции вод тропической Атлантики до сих пор не попадал в поле зрения исследователей. Может быть, обнаруженный поток настолько неустойчив и случаен, что его не всегда удается заметить? Нет, это, по-видимому, исключено: внушительный пространственный масштаб Антило-Гвианского противотечения и относительная однородность его динамической структуры свидетельствуют о почти постоянном (квазистационарном) характере этого переноса.

Пятый рейс НИС «Академик Курчатов» может служить примером, открывающим увлекательную перспективу дальнейшего углубленного исследования природы Мирового океана.

В. Г. НЕЙМАН

кандидат географических наук

* См. «Земля и Вселенная», № 5, 1966 г., стр. 51.



О работе юных астрономов Углича

Три года назад в средней школе № 5 Углича был создан первый в городе астрономический кружок. Всего 19 учащихся 8—9 классов объединились в кружок. Тео-

ретическая подготовка юных астрономов проводилась по двухгодичной программе*.

* Е. П. Левитан. Программа школьного астрономического кружка. «Просвещение», 1966.



КРЫМСКАЯ МЕТЕОРНАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ 1967 г. Тренировки перед ночными наблюдениями

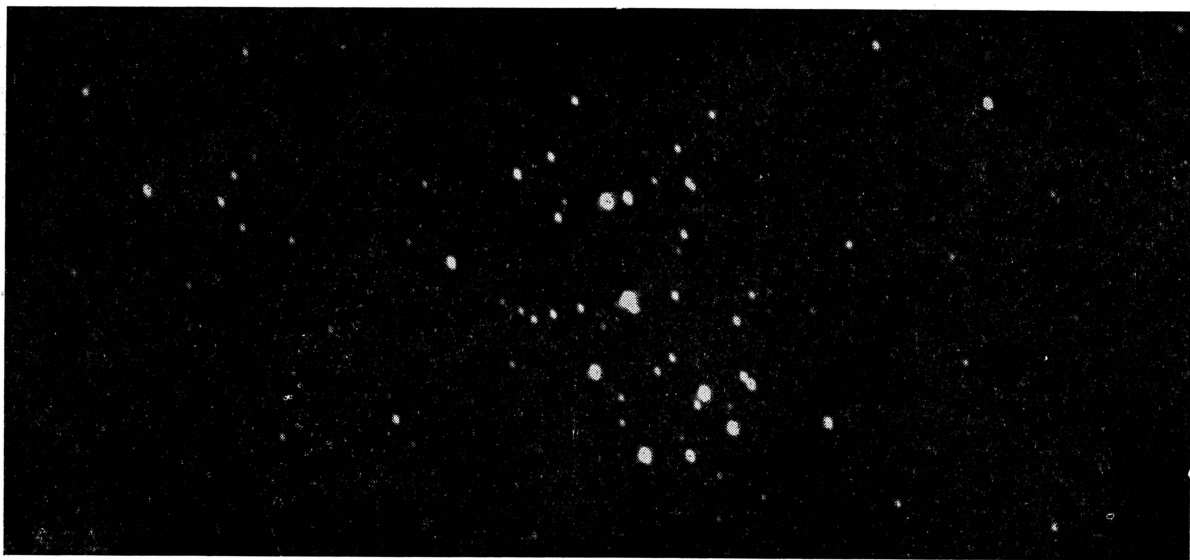


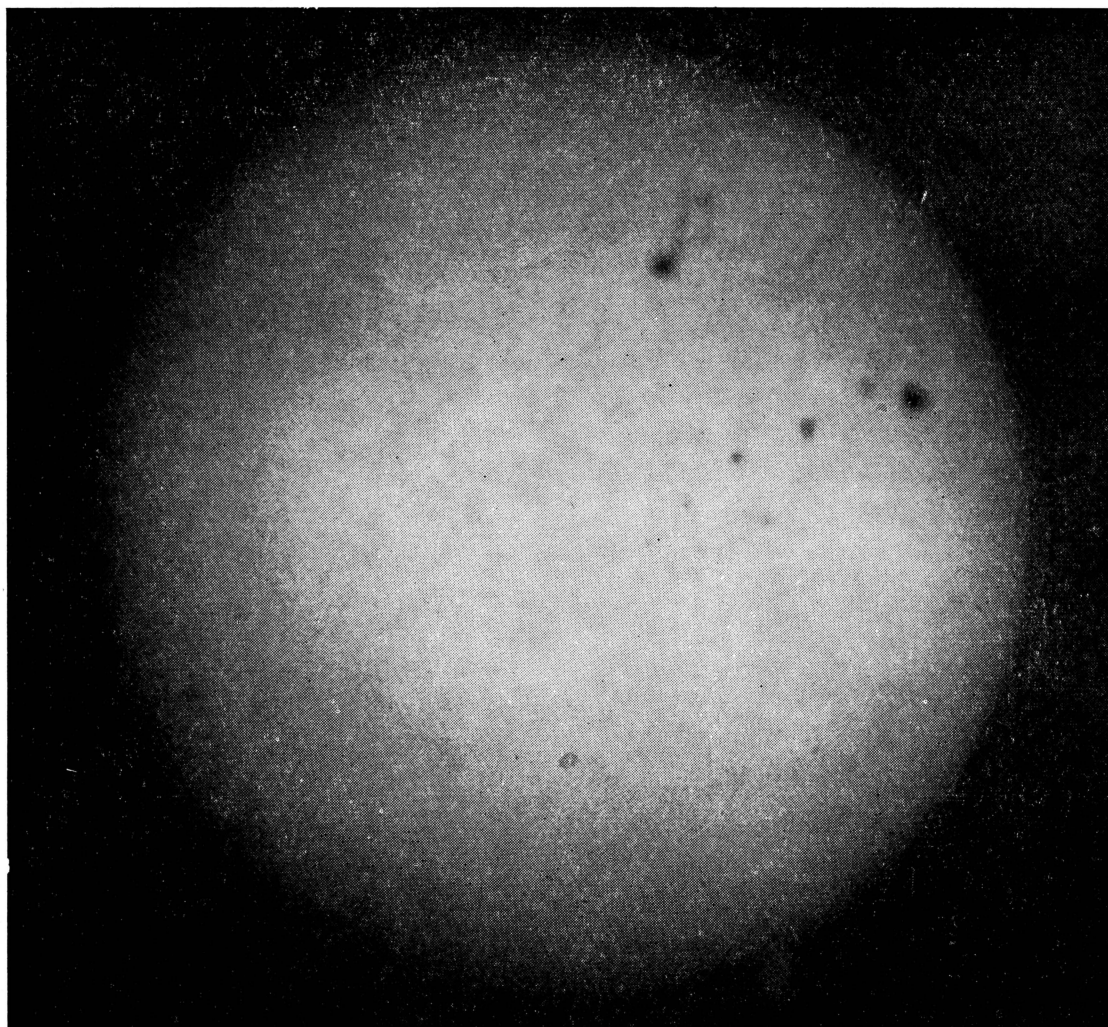
На одном из заседаний кружка было решено установить связь с Крымским обществом юных любителей астрономии. Вскоре юные астрономы Крыма пригласили ребят принять участие в метеорной экспедиции. Всю зиму и весну, наряду с учебой в школе, ребята готовились к экспедиции — осваивали методику наблюдений метеоров. Программа подготовки к экспедиции была детально обсуждена в Ярославском отделении ВАГО.

Чтобы добыть средства для поездки в Крым, все члены кружка работали в течение полутора месяцев на строительстве пятиэтажного дома.

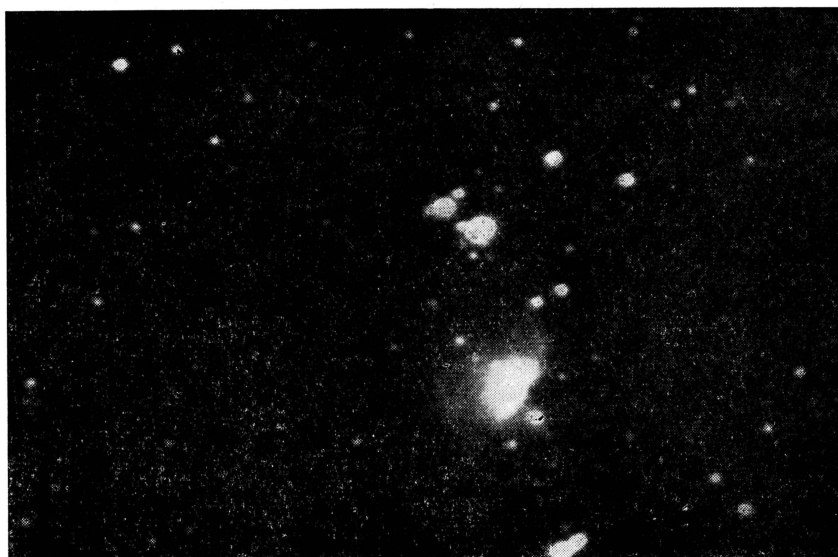
В июле 1967 г. ребята выехали в Крым и недалеко от Симферополя в селе Перевальном 17 ночей они наблюдали метеоры. Затем ребята совершили увлекательную поездку по Крымскому побережью от Алушты до Севастополя. Побывали и в Крымской астрофизической обсерватории АН СССР. Ночные наблюдения чудесного южного неба, новые знакомства, купание в море, песни у костра, достопримечательности крымских городов оставили у ребят неизгладимое впечатление. Во время экспедиции и поездки по Крыму снимался кинофильм. Сейчас, пожалуй, нет в школе ученика, который не видел бы его.

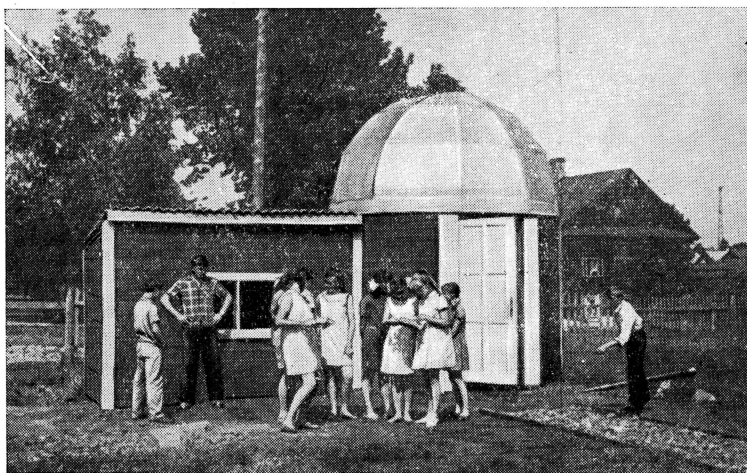
В 1967/68 учебном году ребята продолжали наблюдения метеорных потоков, но уже на школьной астрономической площадке. Все материалы наблюдений регулярно высылались в Крымское общество юных люби-





ЭТИ СНИМКИ сделаны школьниками Виктором Боровских и Александром Гришиным. Фотографии Луны и Солнца получены на 3-дюймовом телескопе. Рассеянное звездное скопление Плеяды (слева) и туманность в созвездии Ориона сняты фотокамерой с объективом «Индустар-51»





ОБСЕРВАТОРИЯ, построенная учащимися Угличской средней школы № 5

телей астрономии, а также обрабатывались в кружке. Всего за время работы кружка юные астрономы нанесли на звездные карты и зарегистрировали более 1500 метеоров.

Летом 1968 г. началось строительство школьной астрономической обсерватории. Сейчас она готова. Построена восьмигранная башня с трехметровым вращающимся куполом и фотолaborатория.

Наблюдения неба ведутся с помощью не-

большой фотокамеры с объективом «Тессар» (фокусное расстояние — 7,5 см, светосила — 1:5,5). Мелкий масштаб снимка позволяет охватывать большой участок неба, а отдельные интересные объекты — туманности, звездные скопления и другие — фотографируются более крупными камерами с объективами «Индустар-37» и «Индустар-51».

Камеры укреплены на небольшой само-



У АСТРОГРАФА школьной обсерватории две Наташи — Самойлова и Соснина

дельной экваториальной установке с ручным приводом. Многие фотографии неба уже сейчас используются на уроках астрономии. Кроме того, полученный фотографический материал ляжет в основу учебного атласа звездного неба, над созданием которого ныне трудятся ребята.

С января 1969 г. начались регулярные фотографические наблюдения Солнца. В ближайшее время ребята собираются организовать метеорный патруль. Патруль позволит шире поставить изучение метеорных явлений в атмосфере.

Осенью 1968 г. в кружок вступили учащиеся 6—8 классов. Школьники будут заниматься в кружке 4—5 лет, что, естественно, даст возможность получить много знаний и навыков. Помимо практической работы ребята готовят доклады, с которыми вы-

ступают на занятиях кружка, а также перед учащимися младших классов. Скоро начнет работу секция телескопостроителей. Члены секции будут строить телескоп-рефлектор для школьной обсерватории.

На базе кружка создана юношеская секция при Ярославском отделении ВАГО. В настоящее время кружок имеет прочную связь с Ярославским отделением ВАГО, Крымским обществом юных любителей астрономии, с московским Дворцом пионеров и школьников и Центральным советом ВАГО, от которых он получает действенную помощь.

Впереди у юных астрономов Углича много интересных дел.

Ю. А. ГРИШИН
*руководитель астрономического кружка
Угличской средней школы № 5*

КАРТА ВИДИМЫХ ПУТЕЙ ПЛАНЕТ В МАРТЕ — АПРЕЛЕ 1970 года

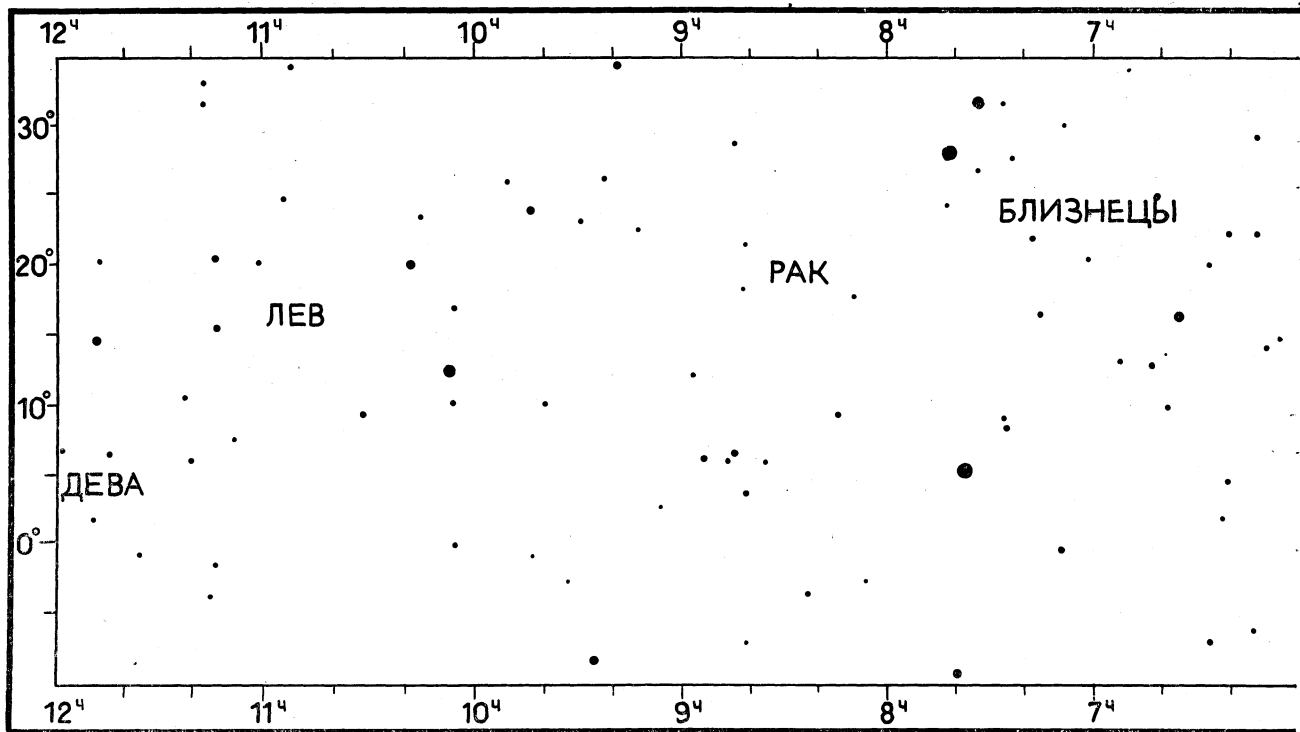
Карта видимых путей планет (см. стр. 94—95) охватывает две зоны зодиакального пояса звездного неба: зимнего (прямые восхождения от 0^h до 12^h , склонения от $+35^\circ$ до -10°) и летнего (прямые восхождения от 12^h до 24^h , склонения от $+10^\circ$ до -35°). По горизонтали справа налево отсчитывается прямое восхождение, по вертикали—склонение. Звезды нанесены до 4,75 звездной величины, что дает возможность различить конфигурацию созвездий.

Положения Солнца и планет (кроме Плу-

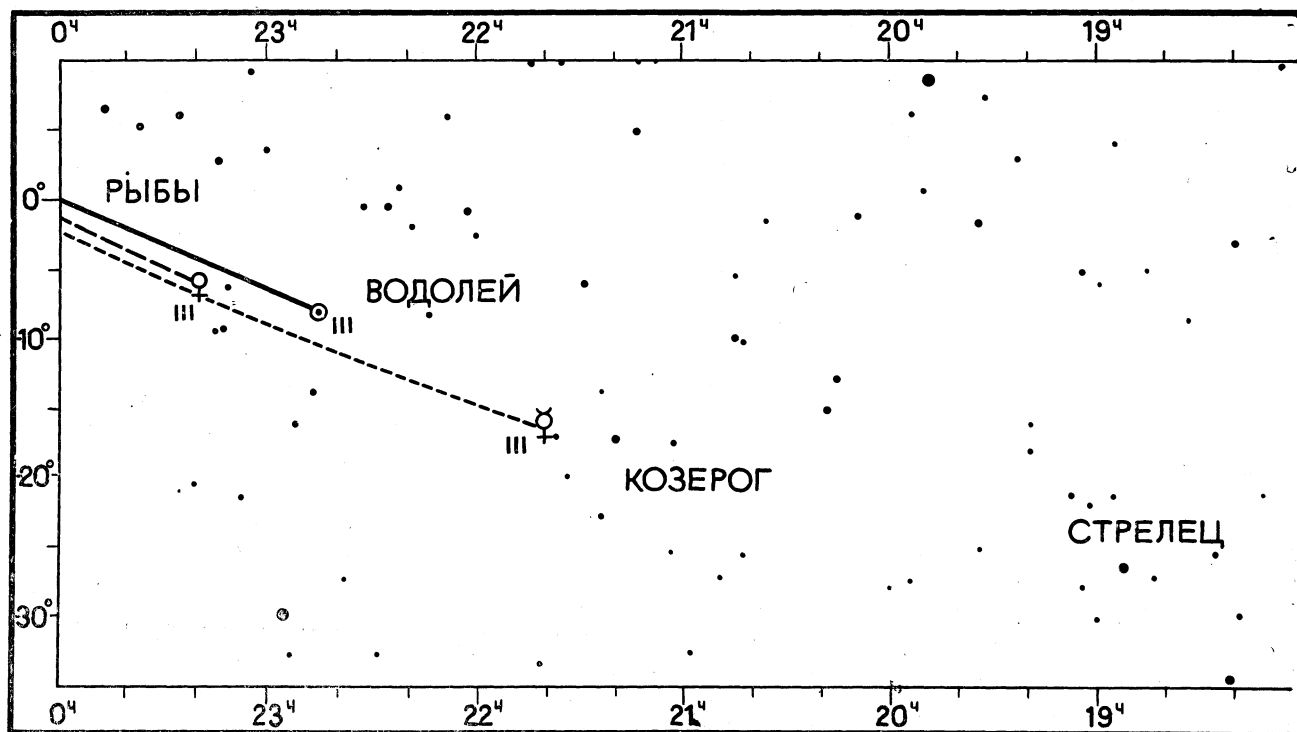
тона, недоступного наблюдениям любительскими средствами) нанесены линиями или штрихами. Римские цифры (III, IV, V) соответствуют положениям светил на первые числа марта, апреля и мая 1970 г.

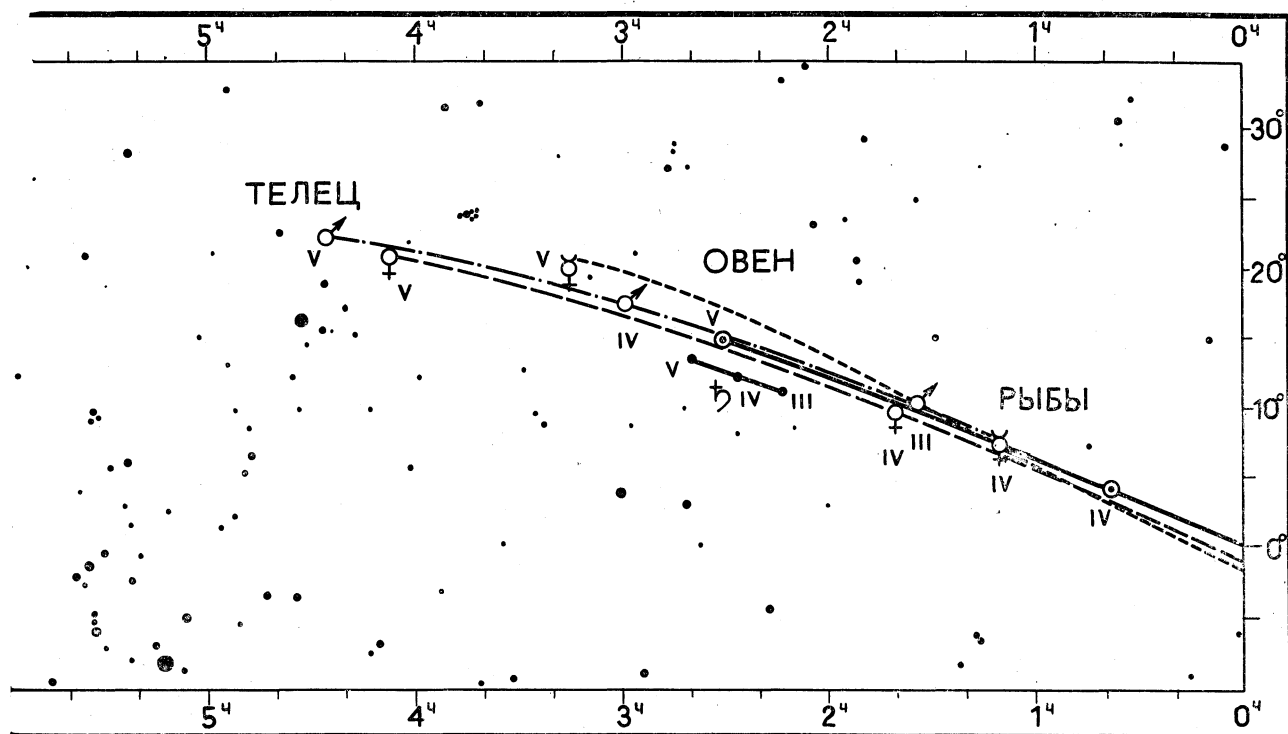
Условия видимости планет зависят от их углового расстояния от Солнца. Поэтому в марте и апреле будут хорошо видны Уран, Юпитер и Нептун. Остальные планеты, расположенные восточнее (левее) Солнца, можно будет наблюдать лишь в вечерние часы.

В. С. ЛАЗАРЕВСКИЙ

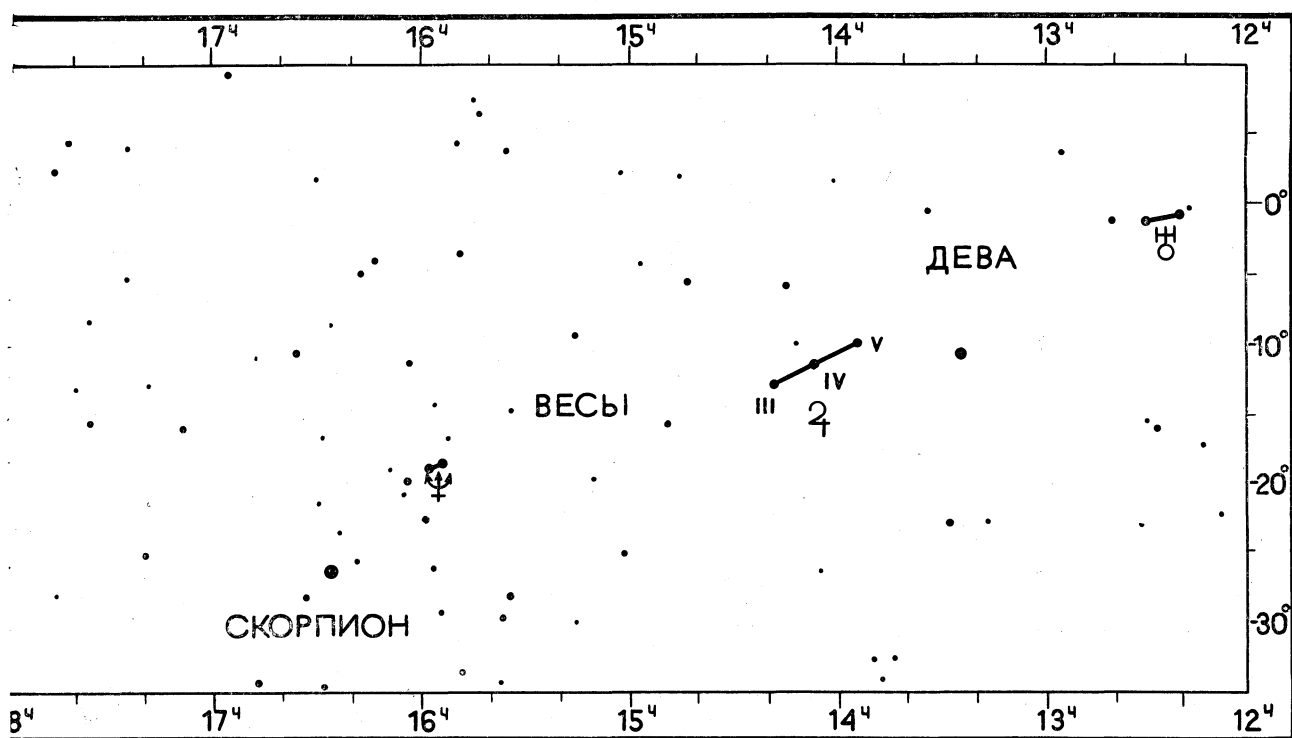


☉ — СОЛНЦЕ ♿ — МЕРКУРИЙ ♀ — ВЕНЕРА ♂ — МАРС





♃ — ЮПИТЕР ♄ — САТУРН ♅ — УРАН ♆ — НЕПТУН



ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ

«В журнале «Техника — молодежи» за 1964 г. № 7 была напечатана статья Г. И. Покровского «Юпитер — планета загадок».

Интересно, что в настоящее время известно о Юпитере и о гипотезе киевского астронома С. К. Всехсвятского о кольце Юпитера».

А. С. Сульженко
Тюменская обл. деревня Паченка.

На этот вопрос отвечает кандидат физико-математических наук В. Г. ТЕЙФЕЛЬ.

Юпитер окружен толстой и плотной газовой оболочкой-атмосферой, состоящей в основном из молекулярного водорода H_2 (более 80%), гелия He (менее 20%) с примесями метана CH_4 и аммиака NH_3 (не больше 1%). В противоположность планетам типа Земли, у которых атмосферы принципиально отличаются по плотности и химическому составу от твердой планеты, Юпитер почти целиком состоит из легких веществ (H_2 , He), но находящийся в специфическом сильно уплотненном состоянии, так как в недрах планеты очень высокое давление.

Все детали видимой поверхности Юпитера — это облачные образования с различной окраской. Причины окраски пока не известны, так же как не известны причины быстрых изменений, активных процессов, происходящих в доступной оптической наблюдением области атмосферы. Не

исключена возможность, что Юпитер обладает некоторым запасом собственного внутреннего тепла за счет гравитационного сжатия.

В глубоких слоях атмосферы Юпитера давление и температура должны быть очень высокими, причем переход от атмосферы к «твердой» планете может происходить постепенно, без резкого разграничения газовой, жидкой и твердой фаз, т. е. минуя критическую точку фазового состояния смеси водорода и гелия.

При этих условиях трудно предполагать, чтобы на Юпитере могли происходить, скажем, вулканические извержения, подобные земным, тем более такие, которые сопровождалась бы выбросом вещества за пределы атмосферы. Ведь для этого необходимы скорости, превосходящие 60 км/сек! Если бы в каких-то участках атмосферы Юпитера наблюдались такие колоссальные скорости вертикального движения, это было бы замечено по доплеровскому смещению линий в спектре планеты. Поэтому по крайней мере достаточно большие массы вещества не могут выбрасываться за пределы атмосферы Юпитера, тем более что движению даже небольших масс со сверхзвуковыми скоростями оказывает огромное сопротивление сама атмосфера.

Хотя предложенная профессором С. К. Всехсвятским гипотеза о существовании вокруг Юпитера кольца из кометно-метеоритного вещества очень заманчива и, в принципе, не является неправдоподобной, механизм образования

такого кольца вряд ли нужно связывать с взрывными явлениями на Юпитере. Те наблюдения, которые послужили основанием для этой гипотезы (появление темной полосы вблизи экватора Юпитера), не достаточны для того, чтобы считать такую полосу, ничем не отличающуюся от других облачных поясов Юпитера, тенью кольца, окружающего планету. Экваториальная полоска бывает связана темными перемычками с другими деталями планеты, бывает иногда фрагментарной и, скорее всего, представляет собой одно из образований в облачном слое.

Кстати, в статье профессора Г. И. Покровского («Техника — молодежи», № 7, 1964 г.) содержится неверное обоснование возможности устойчивого существования гипотетического кольца вблизи Юпитера. Г. И. Покровский считает, что из-за большой силы тяжести на Юпитере плотность его атмосферы быстро убывает с высотой. В действительности, как показывает несложный расчет, плотность атмосферы Юпитера уменьшается с высотой значительно медленнее, чем плотность земной атмосферы. Это связано с тем, что, хотя гравитационное ускорение на Юпитере в 2,5 раза больше земного, средний молекулярный вес атмосферы Юпитера примерно в 10 раз меньше, чем земной атмосферы. Атмосфера Юпитера будет заметно влиять на движение околопланетных тел на значительно больших высотах над видимой поверхностью планеты, чем земная атмосфера.

Орган секции физико-технических и математических наук
Президиума Академии наук СССР
и Всесоюзного астрономо-геодезического общества

Научно-популярный журнал
«Земля и Вселенная»

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор доктор физ.-мат. наук Д. Я. МАРТЫНОВ

Ответственный секретарь кандидат пед. наук Е. П. ЛЕВИТАН

Кандидат физ.-мат. наук В. А. БРОНШТЭН, доктор техн. наук
А. А. ИЗОТОВ, доктор физ.-мат. наук И. К. КОВАЛЬ, кандидат
физ.-мат. наук М. Г. КРОШКИН, доктор физ.-мат. наук Р. В. КУНИЦ-
КИЙ, доктор физ.-мат. наук Б. Ю. ЛЕВИН, кандидат физ.-мат. наук
Г. А. ЛЕЙКИН, академик А. А. МИХАЙЛОВ, кандидат физ.-мат. наук
И. Д. НОВИКОВ, доктор физ.-мат. наук К. Ф. ОГОРОДНИКОВ, доктор
геол.-мин. наук Б. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук
В. В. РАДЗИЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук Ю. А. РЯБОВ, доктор
техн. наук К. П. ФЕОКТИСТОВ, академик В. Г. ФЕСЕНКОВ.



Адрес редакции:
Москва, В-333,
Ленинский пр., Д. 61/1
Тел. 135-64-81
135-63-08

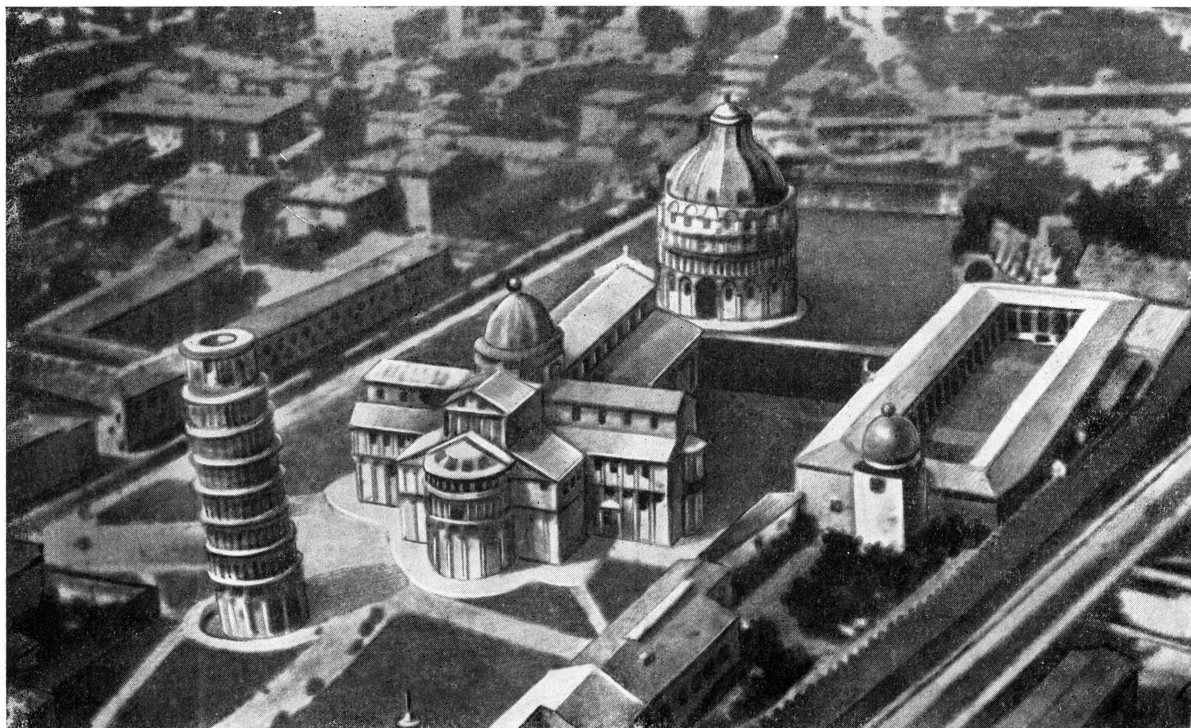
Художественный редактор
Л. Я. Шимкина

Корректоры: И. П. Громова,
Г. Н. Нелидова

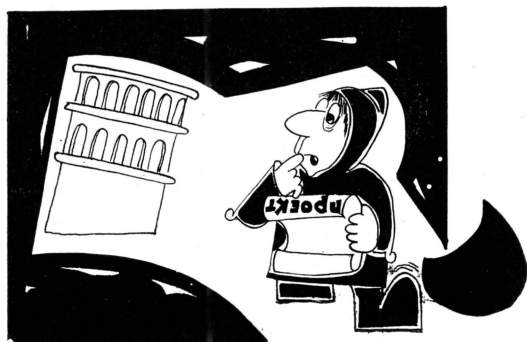
При перепечатке ссылка на журнал «Земля и Вселенная» обязательна.

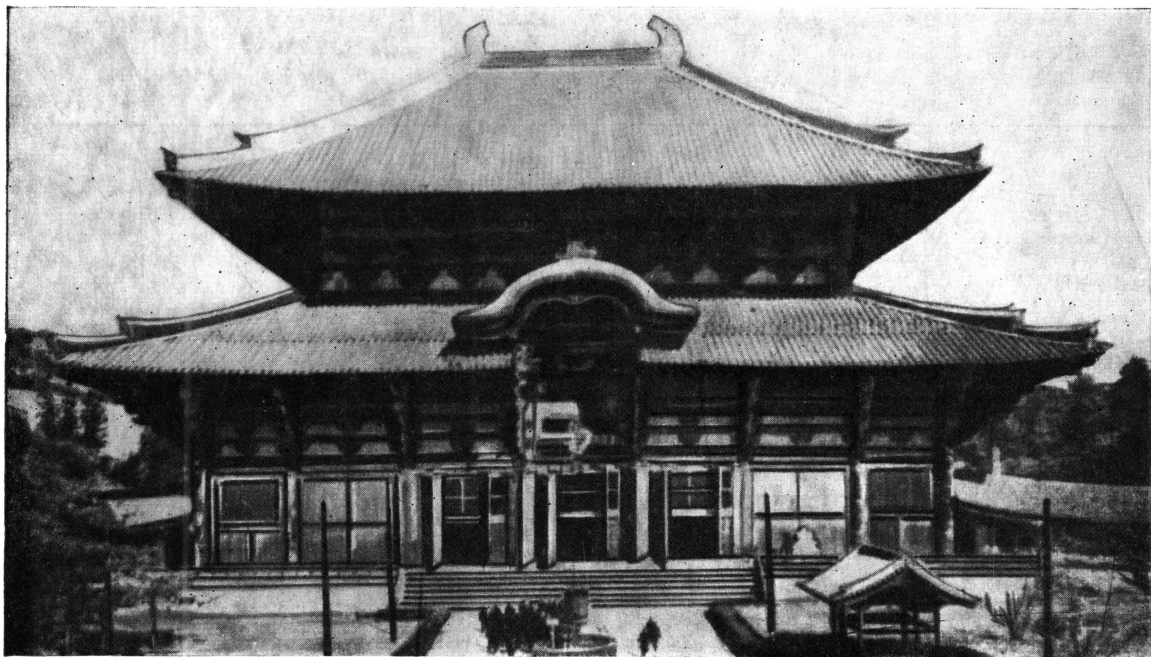
2-я типография издательства «Наука». Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

Т-00611. Подписано в печать 9/1 1970 г.
Сдано в набор 30/XI 1969 г.
Формат бум. 84×108^{1/16}
Печ. л. 6,0 (10,08). Уч.-изд. л. 10,3
Тираж 44 000. Цена 30 коп. Заказ 2984



Соборная площадь в Пизе. Слева — падающая колокольня, в центре — крестообразный собор и баптистерий, а справа у городской стены — Кампо-Санто (к ст. В. Поволяева).





Великий Будда в храме Тодай-джи — одна из самых величественных бронзовых статуй в мире. Статуя отлита в VIII в. н. э. одновременно с постройкой деревянного храма в 752 г. Высота статуи 15 м, длина среднего пальца — 1,4 м, длина овала лица — 5,1 м. Высота храма Тодай-джи — 48 м, находится он в бывшей столице Японии — городе Нара.

